COMPTES RENDUS

HEBDOMADAIRES

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

PARIS. — IMPRIMERIE GAUTHIER-VILLARS, QUAI DES GRANDS-AUGUSTINS, 55.

COMPTES RENDUS

HEBDOMADAIRES

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES,

PUBLIÉS,

CONFORMÉMENT A UNE DÉCISION DE L'ACADÉMIE

EN DATE DU 13 JUILLET 1835,

PAR MM. LES SECRÉTAIRES PERPÉTUELS,

AVEC LE CONCOURS
DU CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE.

TOME DEUX-CENT-QUARANTE-ET-UNIÈME.

JUILLET — DÉCEMBRE 1955.

PARIS,

GAUTHIER-VILLARS, ÉDITEUR-IMPRIMEUR-LIBRAIRE

Quai des Grands-Augustins, 55.

—

1955

COMPTES RENDUS
DES SÉANCES
DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 4 JUILLET 1955.

PRÉSIDENCE DE M. LOUIS FAGE.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. **René Fabre**, élu membre de la Section d'Économie rurale, le 23 mai 1955, en remplacement de M. *Albert Demolon*, décédé, est introduit en séance par M. le Secrétaire perpétuel pour les Sciences chimiques et naturelles.

M. le **Président** donne lecture de la note publiée au *Journal officiel de la République française* annonçant que, par décret du 25 juin 1955, son élection a été approuvée; il lui remet la médaille de Membre de l'Institut et l'invite à prendre place parmi ses Confrères.

M. le **Ministre de l'Éducation nationale** adresse ampliation des décrets, en date du 13 juin 1955, portant approbation des élections que l'Académie a faites de MM. **Serge Bernstein** et **Bernard Houssay**, pour occuper deux des places d'Associés étrangers nouvellement créées.

MAGNÉTO-OPTIQUE. — *Pouvoir rotatoire magnétique de l'oxyde azotique sous faible pression.* Note (*) de MM. **René de Mallemann** et **Jean Grange**.

On sait que O_2 et NO sont des gaz paramagnétiques, et que leurs propriétés magnéto-optiques diffèrent beaucoup du fait de la constitution électronique très spéciale de NO.

(*) Séance du 27 juin 1955.

En particulier, le pouvoir rotatoire magnétique de l'oxyde azotique est *négatif*, et plus de *dix* fois supérieur en valeur absolue à ceux de N_2 et O_2 (tous deux *positifs*); en outre, la rotation *spécifique* de NO varie considérablement avec la température (même quand celle-ci n'est pas très basse).

H. Bizette [1] a étudié le pouvoir rotatoire de NO liquide et gazeux dans le champ de l'électroaimant de Bellevue. Pour le gaz observé sous une pression de 98 kg/cm², à la température de 16°, la constante de Verdet, ramenée à 760 mm, serait

$$\Lambda_{16^\circ}^{760} = -58 \text{ minutes},$$

pour la raie jaune $\lambda = 578$ mμ.

Ce nombre correspondrait à la rotation moléculaire

$$[\Lambda]_M^{16^\circ} = -400 \text{ microradians } (\mu r).$$

Il pouvait être intéressant d'observer le même gaz au voisinage de la pression normale, et même sous pression réduite, l'appareil dont nous disposons pour la mesure des rotativités diamagnétiques étant ici particulièrement adéquat. (Les rotations doubles pouvant dépasser 10° pour $\lambda = 436$ mμ).

L'oxyde azotique pur et sec (obtenu par décomposition sulfurique d'une solution de nitrite de sodium), fut d'abord solidifié dans l'air liquide, puis distillé dans le tube polarimétrique. La longueur de celui-ci dépassant 6 m, des traces de NO_2 eussent produit une coloration, donc une absorption sensible, rendant les mesures polarimétriques illusoires. Les observations ont été faites pour des pressions allant de 2 500 à 200 mm de mercure et des températures échelonnées de 6 à 85°.

Les résultats sont classés en deux groupes :

1° mesures à *densité constante* (température et pression variables);

2° mesures à *température constante* et pression variable.

On a tracé la courbe des rotations *spécifiques* $[\Lambda]$ (ou moléculaires) en fonction de la température.

Exemple :

$\lambda = 578$ mμ,

t(°C)	6,5	84
$[\Lambda]_M^t (\mu r)$	−468	−392

La théorie de Van Vleck (équilibre, fonction de la température, entre des molécules *paramagnétiques* dans l'état 2π 3/2 et des molécules *diamagnétiques* dans l'état 2π 1/2), conduit à une formule qui représenterait la variation avec T du pouvoir rotatoire d'origine exclusivement paramagnétique.

Pour contrôler la formule, il faudrait donc soustraire la contribution (indépendante de T) due à la polarisation diamagnétique des molécules, et

(1) *Thèse de doctorat*, Paris, 1946, p. 40.

celle-ci n'est pas directement observable. Mais les connaissances acquises sur les rotations diamagnétiques permettent d'affirmer que ladite contribution doit être *relativement faible* et différer assez peu de la somme des rotations *atomiques* de N et O; les rotations *moléculaires* des deux gaz étant respectivement 42,1 et 37,0 μr, il suffira ici de prendre la moyenne 40 μr, ce qui porterait à — 508 et — 432 μr, respectivement, les rotations *purement* paramagnétiques de NO aux températures précitées.

Le rapport de ces nombres est 1,175 et le rapport calculé à partir de la formule de Van Vleck 1,173.

D'autre part, nous avons trouvé pour la rotation moléculaire du gaz à 16° :

$$[\Lambda]_M^{16^\circ} = -462\,\mu r \qquad (\lambda = 578\,m\mu),$$

nombre supérieur, de 15 % environ, à celui de H. Bizette.

Les *dispersions* :

λ................	578	546	436
Rapports.........	1	1,14	1,93

concordent sensiblement.

Nous avons vérifié que la rotation spécifique ne dépendait pas de la *pression* du gaz jusqu'à 2,5 atm ([2]), et il est peu vraisemblable que cette rotation puisse décroître, dans une aussi forte proportion, quand on comprime à 100 atm.

On constate d'ailleurs un écart relatif de même sens et quasiment *égal*, dans les valeurs obtenues pour l'*hélium* ([3]) (mesures de Bizette et Tsaï à haute pression, de L. R. Ingersoll à basse pression).

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action de l'acide chlorhydrique sur les α-méthylcyclohexanols.* Note (*) de MM. **Raymond Cornubert** et **Keyvan Nadjme-Abadi.**

Les chlorures formés lors de l'action de l'acide chlorhydrique sur les α-méthylcyclohexanols cis et trans ainsi que les carbures qui les accompagnent, ne semblent pas engendrés par un mécanisme substitution-élimination, mais par une déshydratation suivie d'une addition d'hydracide.

Plusieurs auteurs ([1]), Zelinsky (1908), von Auwers et Dersch (1930),

---

([2]) Des nombres obtenus pour une même température, supérieure à 50°, sous des pressions de 200 à 300 mm, sembleraient indiquer que la rotation *spécifique décroît* notablement pour des pressions assez *faibles*. Le fait serait difficilement explicable théoriquement; nous le mentionnons ici sous toutes réserves quant à ses causes, qui pouraient être d'ordre purement chimique.

([3]) M. Bizette pense que l'écart est attribuable à une défectuosité du manomètre qu'il avait dû employer pour faire ses mesures.

(*) Séance du 27 juin 1955.

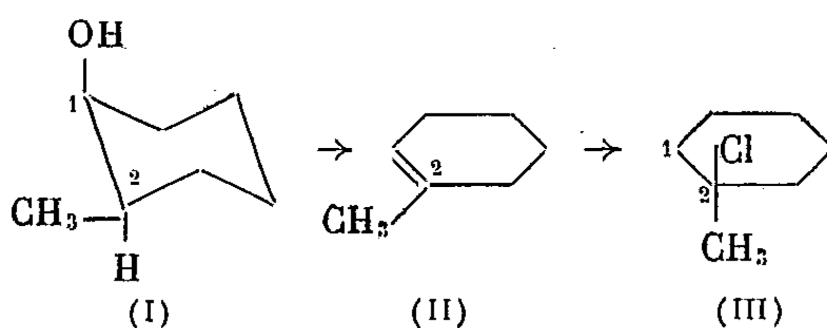
([1]) Bibliographie *Bull. Soc. Chim.*, 18, 1951, p. C 27.

Vavon et Mme Perlin-Borrel (1931), Mousseron, Granger et Valette [2] se sont déjà intéressés à l'étude de l'action de l'acide chlorhydrique sur les α-méthylcyclohexanols. L'un de nous et R. Nicolas ont ensuite [1] entrepris des expériences similaires, certains de ces essais ayant été réexaminés par l'un de nous et Mme Lafont-Lemoine [3]. Il était résulté de nos recherches que la question nécessitait une étude serrée.

Nous résumerons ici les nouveaux résultats qui ont été atteints en indiquant préalablement le principe de notre technique opératoire : chauffage de 1 p. d'alcool et de 4 p. d'acide chlorhydrique commercial en élevant progressivement la température de 50 à 90-95° en 8 h 30 en agitant violemment (Rdt de transformation de l'alcool en chlorure et carbure 93-97 %).

A. L'alcool cis (I) a conduit à un chlorure (Rdt : 88 %) rigoureusement homogène tant par la netteté de son point d'ébullition que par l'analyse cinétique, c'est-à-dire par l'examen de l'action de la soude alcoolique fournissant une courbe de minéralisation du chlore présentant une allure rapide. Cette courbe a été en effet retrouvée avec le chlorure tertiaire pur (III) préparé en traitant soit le carbure (II) par l'acide chlorhydrique dans les mêmes conditions, soit l'alcool tertiaire de type (III) par l'acide chlorhydrique. De plus, le chlorure engendré par l'alcool cis, traité par le magnésium puis par l'oxygène, a fourni un alcool $É_{20}$ 64-65°, F 20-22° tout comme les deux chlorures tertiaires de synthèse, substance qui n'est autre que le précédent alcool tertiaire.

Il n'a donc pas été trouvé trace de chlorure secondaire. Or le carbure (II) fixe l'acide chlorhydrique en donnant le chlorure tertiaire dans nos conditions opératoires, et ceci avec un rendement de 80 %. Tout ce qui précède doit faire concevoir l'apparition en 2 de l'atome de chlore de (III) par une élimination trans privilégiée d'eau conduisant au carbure (II) par perte de l'atome d'hydrogène tertiaire en 2, suivie d'une addition d'acide chlorhydrique :



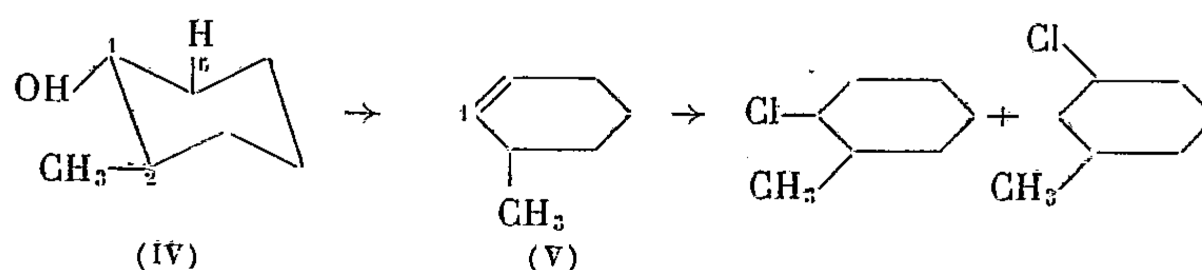
B. L'alcool trans (IV) a conduit à un chlorure $É_{30}$ 60-63° (Rdt : 90%) à côté d'un carbure. Le chlorure a été fractionné et chaque fraction a été soumise à une analyse cinétique; ce traitement par la soude n'a pas

([2]) *Bull. Soc. Chim.*, 13, 1946, p. 245.

([3]) Essais inédits.

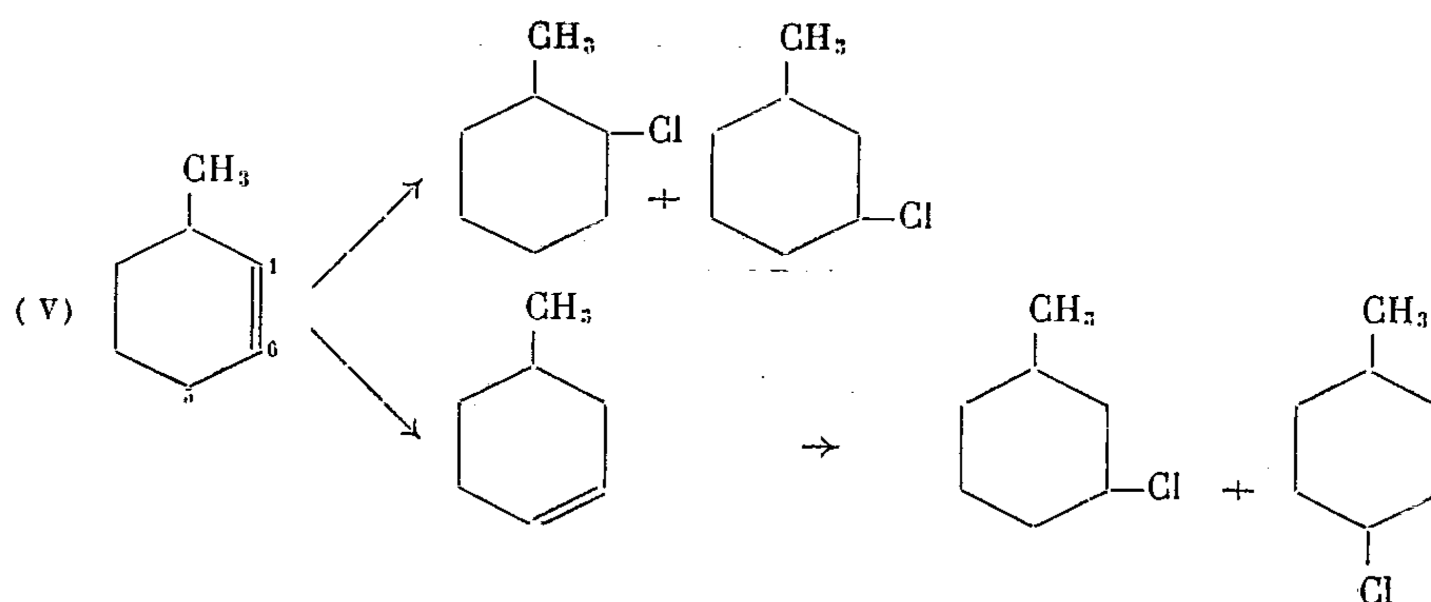
conduit à une courbe rapide de minéralisation du chlore et il n'a pu être décelé de chlorure tertiaire pas plus que par traitement par le magnésium et l'oxygène. L'α-méthylcyclohexanol trans, sans isomère cis, a été ainsi très aisément trouvé à côté de β-méthylcyclohexanol cis (ex trans) peut-être accompagné de son stéréoisomère.

Cette formation d'un alcool β-méthylé est en accord avec le fait que le carbure engendré est le carbure (V); dans ces conditions on doit avoir encore par élimination trans privilégiée :



C. N'ayant pu obtenir le chlorure secondaire cherché tant à partir de l'alcool cis que de l'alcool trans, et Mousseron, Manon et Combes ([4]) ayant fixé l'acide chlorhydrique en présence de chlorure stannique sur le carbure (V) de telle façon que l'atome de chlore s'est situé en 1, nous avons répété leur expérience dans l'espoir d'atteindre le résultat que nous recherchions. Nous avons abouti à des conclusions totalement différentes ce qui prouve que la moindre altération des conditions opératoires entraîne des modifications d'orientation. Le chlorure ayant été transformé en magnésien et celui-ci ayant été converti en alcool, il a été trouvé des mélanges d'alcools secondaires constitués par 1° *sans chlorure stannique :* α-méthylcyclohexanol trans, β-méthylcyclohexanol cis (ex trans); 2° *avec chlorure stannique :* α-méthylcyclohexanol trans, β-méthylcyclohexanols cis (ex trans) et trans (ex cis) et enfin γ-méthylcyclohexanol trans.

Il peut donc y avoir migration de la liaison double en présence de chlorure stannique, de 1.6 en 6.5 donnant :



([4]) *Bull. Soc. Chim.*, **16**, 1949, p. 396.

En conclusion les chlorures secondaires correspondant aux α-méthylcyclohexanols cis et trans ne sont pas préparables par la méthode à l'acide chlorhydrique.

Ces expériences se poursuivent ainsi que d'autres faisant intervenir le pentachlorure de phosphore; dans leur état actuel, elles se résument ainsi : 1° sur l'alcool cis cet halogénure donne uniquement le chlorure tertiaire ce qui fait penser à la production d'un carbure par déshydratation avec fixation subséquente sur la liaison double, de l'acide chlorhydrique simultanément formé; 2° avec l'alcool trans le chlorure engendré s'est révélé être entièrement de nature secondaire (par le magnésium et l'oxygène on trouve les α-méthylcyclohexanols cis et trans tandis que le magnésium et l'anhydride carbonique fournissent le mélange des deux acides cis et trans); le mécanisme paraît dès lors différent de celui faisant aboutir au chlorure issu de l'alcool cis.

M. **Robert Courrier** dépose sur le Bureau, pour la Bibliothèque de l'Institut, le volume contenant les travaux de la *IIIe Réunion des Endocrinologistes de langue française*. Au cours de cette Réunion, qui s'est tenue à Bruxelles, les 18, 19 et 20 juin 1955, M. Robert Courrier a présenté, en collaboration avec Mme Marguerite Baclesse, un rapport sur l'*Équilibre hormonal au cours de la gestation* (1).

M. **Paul Fourmarier** adresse en hommage à l'Académie un Ouvrage de M. Lucien Cahen intitulé : *Géologie du Congo belge*, dont il a écrit la *Préface*.

M. **Gino Cassinis** adresse en hommage à l'Académie une série de tirages à part de ses travaux de Géodésie.

L'Ouvrage suivant est présenté par M. **Eugène Darmois** : *Le corps solide*, par Geneviève Darmois.

PRÉSENTATIONS.

Dans la formation d'une liste de candidats à la Chaire de Chimie industrielle (Méthodes générales, synthèse et catalyse, applications) vacante au Conservatoire des Arts et Métiers, pour la première ligne, M. *André Étienne* obtient 35 suffrages contre 17 à M. *Henri Wahl;* il y a 1 bulletin blanc.

---

(1) Publications des *Annales d'Endocrinologie*. Paris, Douin, Masson.

Pour la seconde ligne, M. *Henri Wahl* obtient 41 suffrages; il y a 5 bulletins blancs et 1 bulletin nul.

En conséquence, la liste présentée à M. le Ministre de l'Éducation Nationale comprendra :

En première ligne.................. M. **André Étienne**.
En seconde ligne................... M. **Henri Wahl**.

DÉSIGNATIONS.

Mme **Jacques Tonnelat**, née **Marie-Antoinette Baudot**, professeur à la Sorbonne, est adjointe à la délégation de l'Académie aux Cérémonies qui auront lieu à Berne, du 11 au 17 juillet 1955, à l'occasion du cinquantième anniversaire de la découverte de la Relativité par **Albert Einstein**.

PLIS CACHETÉS.

L'Académie reçoit d'un historien des Sciences une demande d'ouverture des deux plis cachetés suivants qui, en vertu d'une décision relative aux dépôts datant de plus de cent ans, sont ouverts en séance par M. le Président :

Le premier, n° 287, déposé le 5 octobre 1791 par **J. H. Hassenfratz**, contient une courte note intitulée : *Procédé pour retirer de la soude du sel marin dont l'expérience a été faite en grand pendant les mois d'aoust et de septembre de* 1790 *à Cérilly, département de l'Allier;*

Le second, n° 12, déposé le 16 floréal an X par les Citoyens **Anfry** et **Darcet**, contient deux notes signées Darcet et intitulées : 1° *Procédés pour décomposer le muriate de soude, le nitrate de potasse, les sulfates de soude, de potasse et le sulfate de baryte de strontiane, retirer les acides nitriques et muriatiques, la potasse et la soude, la baryte et la strontiane à l'état caustique ou carbonaté.*

2° *Procédés pour carbonater les terres et les alcalis.*

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Owen Gingerich. *Messier and His Catalogue*. I et II, in *Sky and Telescope*.

2° Publications scientifiques de l'Université d'Alger. Série A. *Sciences mathématiques*. Tome I, n° 1.

THÉORIE DES ENSEMBLES. — *Remarque sur les ensembles η_α.*

Note (*) de M. LEONARD GILLMAN, transmise par M. Waclaw Sierpiński.

D'après Hausdorff (¹), on appelle un ensemble ordonné S *ensemble* η_α si (i) S ne contient pas deux sous-ensembles consécutifs de puissance $< \aleph_\alpha$, et (ii) S n'est ni coïnitial ni cofinal avec un sous-ensemble de puissance $< \aleph_\alpha$. Hausdorff a démontré les deux théorèmes suivants concernant les ensembles η_α :

I. *Pour tout nombre ordinal α, deux ensembles η_α quelconques de puissance $\aleph_\alpha$ sont semblables.*

II. *Pour tout nombre ordinal β, il existe un type d'ordre $\eta_{\beta+1}$ (le « type normal ») possédant les propriétés suivantes :*

(a) *chaque « sous-type » bien ordonné (croissant ou décroissant) est de puissance $\leqq \aleph_{\beta+1}$;*

(b) $\bar{\eta}_{\beta+1} = 2^{\aleph_\beta}$;

(c) *tout* ensemble $\eta_{\beta+1}$ *contient un sous-ensemble du* type $\eta_{\beta+1}$.

A II(b, c), il déduit :

III. *Pour qu'il existe un ensemble $\eta_{\beta+1}$ de puissance $\aleph_{\beta+1}$ (β étant un nombre ordinal donné), il faut et il suffit qu'on ait $2^{\aleph_\beta} = \aleph_{\beta+1}$.*

Or, cette question se présente : peut-on démontrer, sans utiliser l'hypothèse $2^{\aleph_\beta} = \aleph_{\beta+1}$, que deux ensembles $\eta_{\beta+1}$ quelconques de puissance $2^{\aleph_\beta}$ sont semblables ? Je montre que la réponse est négative :

THÉORÈME 1. — *Soit β un nombre ordinal donné. Si $2^{\aleph_\beta} \neq \aleph_{\beta+1}$, il existe deux ensembles $\eta_{\beta+1}$ de puissance $2^{\aleph_\beta}$ qui ne sont pas semblables.*

En effet, il suffit de considérer deux ensembles P et Q tels que

$$\bar{P} = \eta_{\beta+1}, \qquad \bar{Q} = \eta_{\beta+1}\,\omega_{\beta+2}.$$

On voit sans peine que l'ensemble Q est un ensemble $\eta_{\beta+1}$. Or, notre hypothèse implique qu'on a $2^{\aleph_\beta} \geqq \aleph_{\beta+2}$; par conséquent, on a $\bar{\bar{Q}} = 2^{\aleph_\beta}$ (vu que $\bar{\eta}_{\beta+1} = 2^{\aleph_\beta}$). Les ensembles P et Q sont donc tous les deux des ensembles $\eta_{\beta+1}$ de puissance $2^{\aleph_\beta}$. Mais il ne sont pas semblables : car Q a évidemment un sous-ensemble de type $\omega_{\beta+2}$; d'autre part, vu la condition II(a), P ne contient pas de tel sous-ensemble.

Plus généralement, on a :

THÉORÈME 2. — *Soient β et δ deux nombres ordinaux tels que* (i) $\delta \geqq \beta + 2$, *et* (ii) $\aleph_\delta \geqq 2^{\aleph_\beta}$; *alors, il existe deux* (²) *ensembles $\eta_{\beta+1}$ de puissance $\aleph_\delta$ qui ne sont pas semblables.*

(*) Séance du 27 juin 1955.

(¹) *Grundzüge der Mengenlehre*, Leipzig, 1914, p. 180-185.

(²) Sans l'hypothèse (ii), il n'en existerait aucun.

Pour la démonstration, il suffit de comparer les deux types d'ordre

$$\eta_{\beta+1}(\omega_\delta+1) \quad \text{et} \quad \eta_{\beta+1}(\omega_\delta+1)^*.$$

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Extension de la notion de fonction récursive aux fonctions d'une ou plusieurs variables réelles*. II. Note de M. **Daniel Lacombe**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

Suite de ma Note du 27 juin 1955 (1). Deuxième procédé de détermination des $\mathfrak{R}$-fonctions continues à partir des $\mathfrak{N}$-fonctions. Cas des $\mathfrak{N}$-fonctions récursives et des opérateurs récursifs. Équivalence des deux procédés pour la définition des $\mathfrak{R}$-fonctions récursives. Premières conséquences de cette définition.

12. Soit $\mathbf{u}$ la $\mathfrak{R}^3$-fonction définie par

$$\mathbf{u}(a, b, x) = \operatorname{tg}\left(\frac{\operatorname{Arctg} b - \operatorname{Arctg} a}{\pi}\operatorname{Arctg} x + \frac{\operatorname{Arctg} b + \operatorname{Arctg} a}{2}\right)$$

$$\left[\text{en posant } \operatorname{Arctg}(-\infty) = -\frac{\pi}{2},\ \operatorname{Arctg}(+\infty) = \frac{\pi}{2}\right].$$

La $\mathfrak{R}$-fonction $x \to \mathbf{u}(a, b, x)$ applique $\mathfrak{R}$ de façon continue sur le segment $[a, b]$. Si $a \neq b$, cette application est biunivoque, donc aussi bi-uniformément continue.

Nous poserons $\mathbf{u}(-1, +1, x) = \tilde{x}$. L'application $x \to \tilde{x}$ n'a d'autre but que de caractériser simplement la structure uniforme de $\mathfrak{R}$ en utilisant la métrique du segment $[-1, +1]$ (2).

13. Théorème I. — *Soit F un opérateur d'approximation parfait. Alors :*

1° $\mathbf{d}(F)$ *est continue sur* $\mathfrak{R}$;

2° *A tout entier naturel m on peut faire correspondre un entier naturel p tel que, quels que soient les éléments x et y de* $\mathfrak{R}$ (*avec* $x \leq y$), *on ait*

$$\tilde{x} - \tilde{y} < \frac{1}{p} \quad \to \quad \mathbf{sup}[F(\beta_x^y)] - \mathbf{inf}[F(\beta_x^y)] < \frac{1}{m} \quad (3).$$

14. Soit $]\mathfrak{R}[$ l'ensemble des intervalles (ouverts et non vides) de $\mathfrak{R}$. Si x et y sont les extrémités inférieure et supérieure d'un tel intervalle o, nous poserons $|\tilde{o}| = \tilde{y} - \tilde{x}$.

Nous désignerons par $]\mathfrak{Q}[$ l'ensemble des éléments de $]\mathfrak{R}[$ dont les extrémités appartiennent à $\mathfrak{Q}$.

(1) D. Lacombe, *Comptes rendus*, 240, 1955, p. 2478.

(2) Il aurait suffi pour cela de considérer, par exemple, la $\mathfrak{R}$-fonction $f(x) = (2/\pi)\operatorname{Arctg} x$. Mais la $\mathfrak{R}^3$-fonction $\mathbf{u}$ est continue (et récursive) non seulement en x, mais encore en a et b.

(3) Si L_x^y et l_x^y sont respectivement la borne supérieure et la borne inférieure des valeurs prises par la fonction $\mathbf{d}(F)$ pour les valeurs de la variable comprises entre x et y, on a $\mathbf{inf}[F(\beta_x^y)] \leq l_x^y \leq L_x^y \leq \mathbf{sup}[F(\beta_x^y)]$, mais on n'a pas forcément le signe $=$.

15. Nous appellerons *fonction d'approche* toute application φ de $]\mathfrak{Q}[$ dans $]\mathfrak{Q}[$ telle que, quels que soient les éléments o et o' de $]\mathfrak{Q}[$, $o' \subset o \rightarrow \varphi(o') \subset \varphi(o)$.

16. Une fonction d'approche sera dite *parfaite* si, pour toute suite o_n d'éléments de $]\mathfrak{Q}[$ dont l'intersection est réduite à un point x, l'intersection des intervalles $\varphi(o_n)$ est aussi réduite à un point y.

On voit immédiatement que ce nombre y ne dépend que de x. Soit alors f la $\mathfrak{R}$-fonction qui à tout élément x de $\mathfrak{R}$ associe l'élément y ainsi défini. Nous dirons que f est la $\mathfrak{R}$-fonction *définie par* φ, et nous poserons $f = \mathbf{d}(\varphi)$.

17. Théorème II. — *Soit φ une fonction d'approche parfaite. Alors :*

1° $\mathbf{d}(\varphi)$ *est continue sur* $\mathfrak{R}$.

2° *A tout entier naturel m on peut faire correspondre un entier naturel p tel que, quel que soit l'élément o de* $]\mathfrak{Q}[$, $|\widetilde{o}| < 1/p \rightarrow |\widetilde{\varphi(o)}| < 1/m$.

18. On sait définir une classe particulière de semi-$\mathfrak{R}$-fonctions : les *semi-$\mathfrak{R}$-fonctions récursives* (4). Nous désignerons par $\mathfrak{S}^*$ l'ensemble de toutes les semi-$\mathfrak{R}$-fonctions récursives, et nous poserons $\mathfrak{A}^* = \mathfrak{A} \cap \mathfrak{S}^*$ et $\mathfrak{P}^* = \mathfrak{P} \cap \mathfrak{S}^*$.

En utilisant d'autre part une numérotation récursive de $]\mathfrak{Q}[$, nous pouvons définir la classe des *fonctions d'approche récursives*.

19. On sait définir une classe particulière d'opérateurs : les opérateurs récursifs (5). On sait qu'un opérateur récursif est cohérent et applique $\mathfrak{S}^*$ dans $\mathfrak{S}^*$.

20. Un élément x de $\mathfrak{R}$ sera dit *récursif* s'il existe une approximation parfaite récursive φ (c'est-à-dire $\varphi \in \mathfrak{P}^*$) telle que $x = \mathbf{déf}(\varphi)$. Nous désignerons par $\mathfrak{R}^*$ l'ensemble de ces éléments. On a $\mathfrak{Q} \subset \mathfrak{R}^*$. Pour $x \neq \pm\infty$, cette définition coïncide avec les définitions classiques des nombres réels récursifs (6).

21. Théorème III. — *Toute $\mathfrak{R}$-fonction qui est définie par un opérateur d'approximation parfait récursif peut aussi être définie par une fonction d'approche parfaite récursive, et réciproquement.*

Une telle $\mathfrak{R}$-fonction sera dite *récursive*.

Des théorèmes I (1°) et II (1°) il résulte que toute $\mathfrak{R}$-fonction récursive est continue. Il est d'autre part immédiat que toute $\mathfrak{R}$-fonction récursive applique $\mathfrak{R}^*$ dans $\mathfrak{R}^*$.

22. Théorème IV. — *Si dans le théorème* I *on suppose en plus F récursif, alors il existe une $\mathfrak{R}$-fonction récursive θ telle que le 2° soit satisfait en posant $p = \theta(m)$.*

Théorème V. — Analogue au théorème IV en remplaçant F par φ et le théorème I par le théorème II.

Il résulte de ces théorèmes que la continuité d'une $\mathfrak{R}$-fonction récursive est *récursivement uniforme*.

---

(4) *Partial recursive functions* au sens de Kleene (*loc. cit.*, p. 326). « Récursif » est pris partout ici au sens de « récursif général ».

(5) *Partial recursive schemes* (ou *functionals*) au sens de Kleene (*ibid.*).

(6) Si φ est une approximation récursive non parfaite, les nombres réels $\mathbf{inf}(\varphi)$ et $\mathbf{sup}(\varphi)$ ne sont pas forcément récursifs.

ÉQUATIONS DIFFÉRENTIELLES. — *Critère de stabilité pour des systèmes à coefficients constants.* Note (*) de M. **Hans Rudolf Schwarz**, présentée par M. Jean Leray.

La stabilité des solutions d'un système linéaire d'équations différentielles $y' = Ay$ à coefficients constants réels dépend des signes des parties réelles des racines caractéristiques de la matrice A. Une méthode est décrite qui permet de décider la question de stabilité à l'aide de transformations élémentaires appliquées à la matrice A sans calculer l'équation caractéristique.

1. *Critère de stabilité.* — La matrice réelle $A = (a_{ik})$ d'ordre n se laisse ramener à l'aide de transformations canoniques réelles à la forme réduite suivante :

$$N = \begin{bmatrix} 0 & b_{12} & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ -1 & 0 & b_{23} & 0 & \dots & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & b_{34} & \dots & 0 & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & . & . \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & b_{n-1n} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & -1 & b_{nn} \end{bmatrix}$$

Si les éléments $b_{12}, b_{23}, b_{34}, \dots, b_{n-1n}, -b_{nn}$ sont tous positifs, les parties réelles des valeurs caractéristiques sont toutes négatives. Sinon, le nombres des membres positifs dans la suite $b_{nn}, b_{nn}b_{n-1n}, b_{nn}b_{n-1n}b_{n-2n-1}, \dots, b_{nn}b_{n-1n}\dots b_{23}b_{12}$ est égal au nombre des racines caractéristiques à parties réelles positives. Ce dernier énoncé est une conséquence du critère de Wall ([1]) exprimé sous forme d'une fraction continue.

2. *Preuve.* — D'abord la méthode de Hessenberg ([2]) est appliquée à la matrice $-A$, qui mène à la matrice suivante :

$$P = \begin{bmatrix} p_{11} & p_{12} & p_{13} & p_{14} & \dots & p_{1n-1} & p_{1n} \\ -1 & p_{22} & p_{23} & p_{24} & \dots & p_{2n-1} & p_{2n} \\ 0 & -1 & p_{33} & p_{34} & \dots & p_{3n-1} & p_{3n} \\ . & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & p_{n-1n-1} & p_{n-1n} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & -1 & p_{nn} \end{bmatrix}.$$

Celle-ci est la transformée canonique de A et a déjà la forme désirée au-dessous de la diagonale principale. Puis P est transformée en N par un nombre fini de transformations canoniques « à deux dimensions » annulant à chaque pas un élément. Soit T_{ij} la transformation canonique qui additionne α fois la $j^{\text{ième}}$ ligne à la $i^{\text{ième}}$ ligne et puis $-\alpha$ fois la $i^{\text{ième}}$ colonne à la $j^{\text{ième}}$ colonne,

(*) Séance du 27 juin 1955.

([1]) *Cf.* H. S. Wall, *Continued fractions*, 1948, p. 182 et suiv.

([2]) *Cf.* R. Zurmühl, *Matrizen*, 1950, p. 316 et suiv.

et soit (i, j) l'élément dans la $i^{\text{ème}}$ ligne et $j^{\text{ème}}$ colonne. La matrice T de T_{ij} a la forme

$$T = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 1 & 0 & \alpha & \dots & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & \dots & 0 \\ . & . & . & . & \dots & . \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 1 \end{bmatrix} \qquad T^{-1} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 1 & 0 & -\alpha & \dots & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & \dots & 0 \\ . & . & . & . & \dots & . \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 1 \end{bmatrix};$$

où α, respectivement $-\alpha$ dans T^{-1}, est placé dans la $i^{\text{ème}}$ ligne et $j^{\text{ème}}$ colonne. Les éléments de P sont annulés selon la règle suivante :

a. Tous les éléments (i, j) avec $i+j$ pair, $i \leq j \leq n-1$, colonne par colonne dans la suite $j = 1, 2, 3, \dots, n-1$; $T_{i,j+1}$, $\alpha = (i, j)$;

b. les éléments (i, n) avec $i+n$ pair, $i \leq n-2$; $T_{i,n}$, $\alpha = -(i, n)/(n, n)$;

c. les éléments (i, j) avec $i+j$ impair, $i+3 \leq j \leq n$, colonne par colonne dans la suite $j = n, n-1, n-2, \dots, 5, 4$; $T_{i,j-1}$, $\alpha = -(i, j)/(j-1, j)$.

Le schéma ci-dessous illustre le procédé pour $n = 8$. Partant de la matrice P, les places dans la matrice sont numérotées (k) correspondant à la suite dans laquelle les éléments y sont annulés.

$$N = \begin{bmatrix} (1) & \mathbf{b_{12}} & (3) & (28) & (7) & (25) & (13) & (20) \\ \mathbf{-1} & (2) & \mathbf{b_{23}} & (5) & (27) & (10) & (23) & (17) \\ 0 & \mathbf{-1} & (4) & \mathbf{b_{34}} & (8) & (26) & (14) & (21) \\ 0 & 0 & \mathbf{-1} & (6) & \mathbf{b_{45}} & (11) & (24) & (18) \\ 0 & 0 & 0 & \mathbf{-1} & (9) & \mathbf{b_{56}} & (15) & (22) \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \mathbf{-1} & (12) & \mathbf{b_{67}} & (19) \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \mathbf{-1} & (16) & \mathbf{b_{78}} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \mathbf{-1} & \mathbf{b_{88}} \end{bmatrix}$$

TOPOLOGIE. — *Sur les espaces fibrés analytiques complexes de fibre résoluble.* Note de M. **Jean Frenkel**, présentée par M. Joseph Pérès.

Les principaux résultats obtenus dans une Note antérieure (1) subsistent pour une classe d'espaces de base plus générale que la classe des variétés de Stein.

1. Sur un espace topologique paracompact X, convenons d'appeler *faisceau de Fréchet* la donnée d'un faisceau $\mathcal{A}$ d'espaces vectoriels réels et, pour tout ouvert U de X, d'une topologie d'espace de Fréchet sur les $H^0(U, \mathcal{A})$, de manière que si $U' \subset U$, l'application canonique $H^0(U, A) \to H^0(U', \mathcal{A})$ soit continue. Si $\mathcal{U}$ est un recouvrement ouvert localement fini de X, le $q^{\text{ième}}$ groupe de cohomologie $H^q(\mathcal{U}, \mathcal{A})$ de $\mathcal{U}$ à valeurs dans $\mathcal{A}$ est alors muni d'une topologie qui, *si elle est séparée*, en fait un espace de Fréchet.

Nous dirons qu'une résolution (I) : $0 \to \mathcal{F} \to \mathcal{A}^0 \overset{d}{\to} \dots \overset{d}{\to} \mathcal{A}^p \to \dots$ d'un

(1) J. Frenkel, *Comptes rendus*, 236, 1953, p. 40, où nous renvoyons pour les définitions.

faisceau $\mathcal{F}$ est une *résolution* (fine) *de Fréchet* si les faisceaux $\mathcal{A}^i$ sont des faisceaux (fins) de Fréchet et les applications $d : \mathrm{H}^0(\mathrm{U}, \mathcal{A}^i) \to \mathrm{H}^0(\mathrm{U}, \mathcal{A}^{i+1})$ sont continues ($i \geq 0$). $\mathcal{F}$ est alors un faisceau de Fréchet.

THÉORÈME 1. — *Soit* (I) *une résolution fine de Fréchet d'un faisceau* $\mathcal{F}$. *Supposons qu'il existe un recouvrement localement fini* $\mathfrak{U}$ *de* X *tel que*

(i) Pour toute intersection V d'ensembles de $\mathfrak{U}$, $\mathrm{H}^q(\mathrm{V}, \mathcal{F}) = 0$ si $q > 0$;

(ii) $\mathrm{H}^q(\mathfrak{U}, \mathcal{F})$ est séparé pour $q = p$.

Alors $d : \mathrm{H}^0(\mathrm{X}, \mathcal{A}^{p-1}) \to \mathrm{H}^0(\mathrm{X}, \mathcal{A}^p)$ *est un homomorphisme* (*topologique*).

Exemples. — Les hypothèses sont remplies : 1° si X est une variété analytique complexe compacte, et (I) une résolution fine de Fréchet d'un faisceau analytique cohérent $\mathcal{F}$, induisant sur $\mathcal{F}$ la topologie quotient de la topologie de la convergence compacte des fonctions holomorphes [2]; 2° si $\mathrm{X} = \mathrm{C}^{n+1} - \{0\}$ (C, corps des complexes), $\mathcal{F}$ étant le faisceau des germes de fonctions holomorphes, et $\mathcal{A}^p$ le faisceau des germes de formes différentielles indéfiniment différentiables de type $(0, p)$, muni de l'opérateur d'' [3] et de la topologie de la convergence compacte de chaque dérivée : on recouvre X par les U_i : $\{z = (z_0, \ldots, z_n) \mid z_i \neq 0\}$.

2. Soient I et Λ deux ensembles finis d'indices (éventuellement vides), et D une variété de Stein (éventuellement réduite à un point). Soit

$$\mathrm{X} = \mathrm{D} \times \Pi_{i \in \mathrm{I}} \mathrm{X}_i \times \Pi_{\lambda \in \Lambda} \mathrm{Y}_\lambda, \qquad \text{où} \quad \mathrm{X}_i = \mathrm{C}^{d(i)+1} - \{0\}$$

et Y_λ est un espace projectif complexe de dimension (complexe) $d(\lambda)$. Désormais « groupe » signifiera « groupe de Lie complexe ». Soit $\mathcal{F}$ le faisceau des germes de fonctions holomorphes sur X, et, plus généralement, $\mathcal{V}_m$ le faisceau des germes de sections d'un espace fibré analytique à fibre vectorielle V, d'espace principal associé m, de groupe structural M. Sans diminuer la généralité, nous supposerons $d(i) \neq 0$.

LEMME. — $\mathrm{H}^p(\mathrm{X}, \mathcal{F}) = 0$ *sauf si p est nul ou de la forme* $p = \Sigma_{i \in \mathrm{J} \subset \mathrm{I}}\, d(i)$ *auquel cas c'est un espace de Fréchet de dimension infinie.*

THÉORÈME 2. — *Soit* M *un groupe connexe résoluble. Supposons* $d(i) \neq 1$ *pour tout i; alors* $\mathrm{H}^p(\mathrm{X}, \mathcal{V}^m) = 0$, *sauf si p est nul ou de la forme*

$$p = \Sigma_{i \in \mathrm{J} \subset \mathrm{I}}\, d(i) + \Sigma_{\lambda \in \Gamma \subset \Lambda}\, d(\lambda).$$

Les démonstrations utilisent un « théorème de Künneth topologique » dû à A. Grothendieck [4], applicable en vertu du théorème 1.

---

(2) Pour la définition précise de la topologie de $\mathcal{F}$ et le fait que les hypothèses sont remplies, *cf.* H. CARTAN et J.-P. SERRE, *Comptes rendus*, 237, 1953, p. 128. *Cf.* une autre démonstration du fait que d est un homomorphisme *in* J.-P. SERRE, *Com. Math. Helv.*, 29, 1955, prop. 6.

(3) *Voir* par exemple, J.-P. SERRE, *Com. Math. Helv.*, ci-dessus.

(4) *Voir* Séminaire Schwartz (polycopié), 1953-1954, exposé 24.

3. Applications. — Théorème 3. *Supposons tous les* $d(i) \neq 1$. *Alors tout espace fibré-analytique sur* X, *principal, de groupe résoluble, topologiquement trivial, est analytiquement trivial; si deux espaces fibrés-analytiques sur* X, *principaux, de groupe nilpotent, sont topologiquement* X-*isomorphes, ils le sont analytiquement.*

Théorème 3'. — *Supposons tous les* $d(i)$ *et tous les* $d(\lambda) \neq 1$. *Alors, si deux espaces fibrés-analytiques sur* X, *principaux, de groupe résoluble connexe, sont topologiquement* X-*isomorphes, ils le sont analytiquement.*

Théorème 4. — *Supposons tous les* $d(i) \neq 2$, *l'un au plus étant égal à* 1. *Alors tout espace fibré principal sur* X *de groupe nilpotent peut être muni d'une structure analytique compatible avec sa structure fibrée.*

Théorème 4'. — *Supposons tous les* $d(i) > 2$, *et tous les* $d(\lambda) \neq 2$, *l'un au plus étant égal à* 1. *Alors tout espace fibré principal sur* X *de groupe résoluble connexe peut être muni d'une structure analytique compatible avec sa structure fibrée.*

Supposons maintenant que le groupe *résoluble connexe* G *opère* [1] dans le groupe *résoluble* M, et soit M^g un espace fibré-analytique sur X, de fibre M, de groupe G, et d'espace principal associé g.

Théorème 5. — *Supposons tous les* $d(i)$ *et tous les* $d(\lambda) \neq 1$. *Alors, si deux sections analytiques de* M^g *sont continûment homotopes, elles le sont analytiquement* [1]; *en outre, il y a toujours une section analytique de* M^g *homotope à une section continue donnée.*

4. Les restrictions faites sur les $d(i)$, $d(\lambda)$ sont nécessaires dans les théorèmes 3 et 3' pour que la conclusion subsiste quelle que soit la nature topologique de l'espace fibré envisagé : il est facile, si $d(i) = 1$, de donner des exemples d'espaces fibrés-analytiques sur X, de groupe C, qui ne sont pas analytiquement triviaux.

Si tous les $d(i)$ sont $\neq 1$, considérons les espaces fibrés-analytiques principaux sur X ayant pour groupe le groupe S des similitudes planes. Du point de vue topologique, un tel espace E est, de même que l'espace fibré principal e ayant pour groupe le groupe multiplicatif des complexes qu'il définit, caractérisé par un système d'entiers $[c, (c_\lambda)_{\lambda \in \Lambda}]$ [nous conviendrons que $C^{n+1} - \{0\}$ fibré sur $P_n(C)$ a la classe caractéristique $+1$]. Alors, *si pour tout* λ *tel que* $d(\lambda) = 1$, *on a* $c_\lambda \leqq 1$, *tout espace fibré-analytique topologiquement* X-*isomorphe à* E *l'est aussi analytiquement; si au contraire il existe au moins un* λ *avec* $d(\lambda) = 1$ *et* $c_\lambda \geqq 2$, *il existe une infinité d'espaces fibrés-analytiques distincts, topologiquement* X-*isomorphes à* E. Leur invariant analytique est une classe d'intransitivité du groupe des fonctions holomorphes inversibles sur X opérant sur $H^1(X, \mathcal{C}^e)$.

On notera enfin que la structure de produit semi-direct de S et le théorème 4 assurent qu'un espace fibré-principal topologique sur X de groupe S peut être muni d'une structure analytique sans qu'il soit besoin de faire des restrictions sur les $d(\lambda)$.

GÉOMÉTRIE DIFFÉRENTIELLE. — *Sur la définition intrinsèque des vecteurs tangents.* Note (*) de M. **Georges Papy**, présentée par M. Jean Leray.

1. Claude Chevalley (1), a donné une définition intrinsèque des vecteurs tangents à une variété analytique. On va montrer que si l'on adapte, de façon naturelle (2), cette définition au cas des variétés de classe C^1, on obtient un espace tangent infinidimensionnel, quelle que soit la dimension finie n de la variété.

2. Soit V une variété réelle de classe C^1 et de dimension n.

Soit p un point (fixe) de V.

Soit A_0 l'anneau des germes de fonctions (à valeurs réelles) continues en p et de classe C^1 en tout point distinct de p d'un certain voisinage de p qui peut dépendre de la fonction.

Soit A_0^0 l'idéal maximal de A_0 formé des germes de A_0 qui s'annulent en p.

Soit R le corps des nombres réels qui seront canoniquement identifiés aux germes de fonctions constantes au voisinage de p.

On a $A_0 = R \oplus A_0^0$.

Dans la suite, on confondra, sans dommage, germes et fonctions au voisinage de p.

Soient x et y des cartes locales en p; soient x^i et y^i leurs coordonnées locales respectives; soient V_x et V_y les sous-vectoriels de A_0^0 engendrés par les $\Delta x^i = x^i - x^i(p)$ et les Δy^i, respectivement.

Comme V est de classe C^1, l'idéal d'algèbre $V_x A_0$ de A_0^0 (ou de A_0), engendré par les Δx^i coïncide avec l'idéal $V_y A_0$ engendré par les Δy^i.

On pose $A_1^0 = V_x A_0 = V_y A_0$ et $A_1 = R \oplus A_1^0$. L'anneau A_1 est alors l'anneau des germes de classe C_1 au voisinage de p.

On pose, enfin, $Q_1^0 = (A_1^0)^2$ et $Q_1 = R \oplus Q_1^0$.

3. On désigne par ∂ l'homomorphisme canonique d'espace vectoriel ∂ :

$$A_1 \to \frac{A_1}{Q_1}.$$

Cet homomorphisme participe, à deux points de vue, de la notion de différentielle :

a. C'est une différence approchée, en ce sens que $\partial = \tau \circ \Delta$, où τ est un homomorphisme d'algèbre.

(*) Séance du 27 juin 1955.

(1) *Theory of Lie Groups*, Princeton University Press, 1946, p. 76.

(2) Chern, *Topics in differential Geometry*, The Institute for advanced Study, Princeton, 1951, p. 14-15.

C'est ce qui résulte du schéma

$$A_1 \overset{\Delta}{\to} \frac{A_1}{R} \cong A_1^0 \overset{\tau}{\to} \frac{A_1^0}{Q_1^0} \cong \frac{A_1}{Q_1},$$

où les $\cong$ désignent des identifications canoniques.

b. L'homomorphisme ∂ satisfait à la règle du produit

$$\partial(fg) = f(p).\partial g + \partial f.g(p)$$

qui résulte de $\Delta(fg) = \Delta f.\Delta g + f(p).\Delta g + \Delta f.g(p)$ et du fait que $\tau(\Delta f.\Delta g) = 0$, puisque Δf et Δg appartiennent à A_1^0.

L'homomorphisme ∂ se distingue de la notion usuelle de différentielle parce que l'espace image $\partial A_1 = A_1/Q_1 \cong A_1^0/Q_1^0$ est infinidimensionnel.

En effet, si l'on désigne par $\tilde{A}_0$ et $\tilde{A}_1^0$ les sous-anneaux formés des fonctions de A_0 et de A_1^0 qui, dans la carte x, s'expriment comme fonctions de x^1, seulement, il vient

$$\frac{A_1^0}{Q_1^0} = \frac{V_x A_0}{V_x A_1^0} \supseteq \frac{[x^1 - x^1(p)]\tilde{A}_0 + V_x A_1^0}{V_x A_1^0} \cong \frac{[x^1 - x^1(p)]\tilde{A}_0}{[x^1 - x^1(p)]\tilde{A}_1^0} \cong \frac{\tilde{A}_0}{\tilde{A}_1^0}.$$

Or, les fonctions

$$[x^1 - x^1(p)] \sin \frac{2^k \pi}{x^1 - x^1(p)} \qquad (k = 1, 2, \ldots)$$

appartiennent à $\tilde{A}_0$, mais aucune de leurs combinaisons linéaires non triviales, à coefficients réels, n'appartiennent à $\tilde{A}_1^0$. Donc $\dim(A_1/Q_1) = \infty$.

4. Le dual algébrique $(A_1/Q_1)^*$ de ∂A_1 est canoniquement identifiable au sous-vectoriel $Q_1^\perp$ de A_1^*, orthogonal à Q_1. Il suit que $\dim Q_1^\perp = \infty$. Or, les éléments de $Q_1^\perp$ sont les formes linéaires sur A_1 qui s'annulent sur Q_1. Il est alors immédiat que tout $t \in Q_1^\perp$ satisfait à la règle du produit

$$t(fg) = tf.g(p) + f(p).tg$$

et les éléments de l'espace infinidimensionnel $Q_1^\perp$ sont des vecteurs tangents au sens de Chevalley-Chern, ce qui établit la proposition annoncée.

ASTROPHYSIQUE. — *Instabilité d'une masse fluide étendue.* Note (*) de M. **Evry Schatzman** et Mlle **Nicole Bel**, présentée par M. André Danjon.

On étudie les conditions d'instabilité gravitationnelle d'une perturbation sinusoïdale plane dans un milieu indéfini, de densité et de pression uniforme, en rotation non uniforme.

Soit $\omega(r)$ la vitesse angulaire de rotation du milieu. On considère dans un plan perpendiculaire à l'axe de rotation, un système d'axes rectangulaires,

(*) Séance du 27 juin 1955.

centrés à la distance r_0 de l'axe et tournant avec la vitesse angulaire constante $\omega(r_0)=\omega_0$. On suppose la perturbation isotherme et la loi des gaz parfaits applicable. ρ_0, $\delta\rho$, (u, v) désignant respectivement la masse spécifique du milieu non perturbé, la variation de cette masse due à la perturbation et les composantes de la vitesse relative de la perturbation, on pose

$$\delta\rho = a\, e^{i(\alpha x+\beta y+\sigma t)}, \qquad u = \mathrm{A}\, e^{i(\alpha x+\beta y+\sigma t)}, \qquad v = \mathrm{B}\, e^{i(\alpha x+\beta y+\sigma t)}.$$

On notera que la perturbation, en général, n'est pas irrotationnelle. Les équations de la perturbation s'écrivent, après linéarisation

$$(1) \qquad \left\{\begin{aligned} &i\rho_0\sigma\mathrm{A} - 2\omega_0\rho_0\mathrm{B} + ia\alpha\left(\frac{\mathrm{RT}}{\mu} - \frac{4\pi\mathrm{G}\rho_0}{\alpha^2+\beta^2}\right) = 0,\\ &\rho_0(2\omega_0 + r_0\omega'_0)\mathrm{A} + i\rho_0\sigma\mathrm{B} + ia\beta\left(\frac{\mathrm{RT}}{\mu} - \frac{4\pi\mathrm{G}\rho_0}{\alpha^2+\beta^2}\right) = 0,\\ &\rho_0\alpha\mathrm{A} + \rho_0\beta\mathrm{B} + a\sigma = 0.\end{aligned}\right.$$

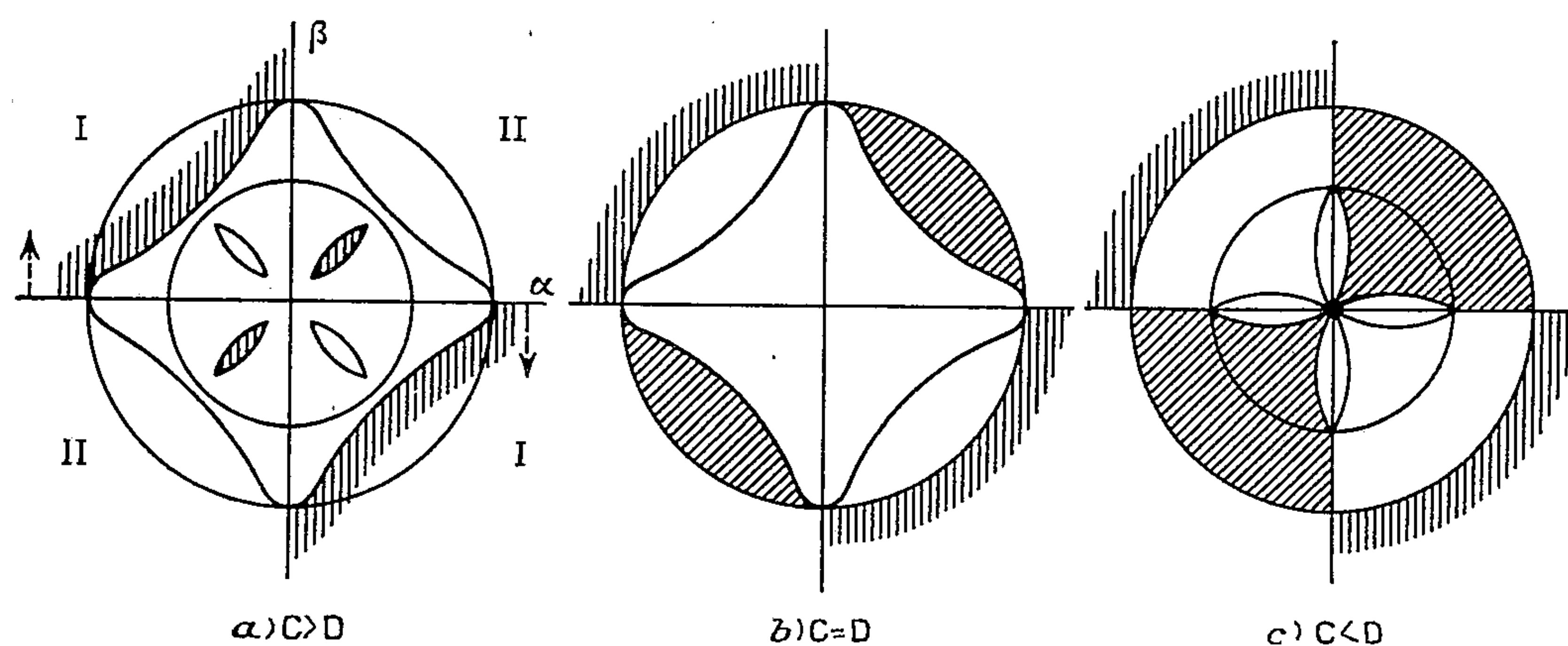
La condition de compatibilité est

$$(2) \qquad -\sigma^3 + \sigma + \left[(\alpha^2+\beta^2)\left(\frac{\mathrm{RT}}{\mu} - \frac{4\pi\mathrm{G}\rho_0}{\alpha^2+\beta^2}\right) + 4\omega_0^2 + 2r_0\omega_0\omega'_0\right] + i\alpha\beta r_0\omega'_0\left(\frac{\mathrm{RT}}{\mu} - \frac{4\pi\mathrm{G}\rho_0}{\alpha^2+\beta^2}\right) = 0.$$

Les solutions de (2) à partie imaginaire négative correspondent à l'instabilité :

Premier cas : $\omega'_0 = 0$ si $\pi\mathrm{G}\rho_0 \leqq \omega_0^2$ toute perturbation est stable si $\pi\mathrm{G}\rho_0 > \omega_0^2$ les perturbations instables correspondent à $\alpha^2+\beta^2 < 4\mu(\pi\mathrm{G}\rho_0 - \omega_0^2)/\mathrm{RT}$.

Deuxième cas : $\omega'_0 \neq 0$. — Les résultats dépendent des valeurs respectives de $\mathrm{C} = 4\pi\mathrm{G}\rho_0 - 4\omega_0^2 - 2r_0\omega_0\omega'_0$ et $\mathrm{D} = 4\pi\mathrm{G}\rho_0$. Ils ont été établis pour $\omega'_0 < 0$. La discussion est résumée dans la figure 1.



Si ω'_0 est positif, le résultat est analogue à celui de la figure 1 *c*.

Les régions hachurées correspondent aux perturbations stables. Les régions voisines de l'origine correspondent à l'influence dominante de la gravitation. Les perturbations de petites longueurs d'onde, correspondant aux régions loin de l'origine, sont stables vis-à-vis de la rotation différentielle.

Le calcul effectué pour les données galactiques au voisinage du Soleil conduit à un résultat analogue à celui de la figure 1 *c*.

ASTROPHYSIQUE. — *Observations aériennes de l'éclipse de Soleil du* 20 *juin* 1955. Note de MM. **Raymond Michard** et **Michel Trellis**, présentée par M. André Danjon.

Une éclipse totale de Soleil de durée exceptionnelle avait lieu le 20 juin 1955. La ligne de totalité coupait Ceylan, la Thaïlande, le Sud-Vietnam à la hauteur du 15e parallèle, les Philippines. Dans toutes ces régions les probabilités de beau temps au sol étaient faibles par suite de la mousson. En revanche cette éclipse de 7 mn, se produisant au minimum de l'activité solaire, semblait favorable à la détection du halo zodiacal (couronne F) à des distances angulaires du Soleil plus grandes que celles communément atteintes : il fallait pour cela observer dans des conditions d'exceptionnelle pureté du ciel afin de réduire la lumière parasite due aux diffusions dans notre atmosphère, conditions que l'on ne peut trouver qu'à haute altitude.

En novembre 1954, le Secrétaire d'État à l'Air décidait, sur l'intervention du Comité d'Action scientifique de la Défense Nationale, de mettre à la disposition du Bureau des Longitudes un avion, un équipage militaire et un observateur du Bureau Scientifique de l'Armée de l'Air, afin d'étudier l'éclipse en Indochine, à 8 000 m d'altitude. L'appareil choisi était un avion-cargo *Nord* 2501, qui peut atteindre sans difficulté cette altitude, et dont la vaste soute permettait une installation commode des instruments astronomiques. Les photographies devant être prises au voisinage du zénith, des ouvertures spéciales, munies de portes, furent pratiquées dans la partie supérieure de la carlingue : la Société Nationale de Construction Aéronautique du Nord effectua ces travaux et coopéra utilement au montage des appareils dans l'avion.

Le programme comportait la photométrie et la polarimétrie en trois couleurs (λ 5 500, 6 400 et 8 000 Å) de la couronne et du halo zodiacal. Trois chambres photographiques étaient prévues, de distances focales 600, 230 et 50 mm, l'ouverture relative et le champ croissant de la première à la troisième : la première chambre était destinée à l'étude de la couronne proprement dite, la dernière à la photographie du ciel jusqu'à 40° du Soleil, l'autre aux régions intermédiaires (jusqu'à 10° du Soleil). Pour ces deux

dernières chambres des précautions spéciales, destinées à éviter la diffusion instrumentale de l'intense lumière de la couronne interne avaient été prises.

L'ensemble de ces appareils était monté sur un support mobile complété par une lunette de visée : un observateur s'efforçait de maintenir la couronne centrée sur un repère convenable, malgré les petites oscillations de l'aéronef.

Les observations qui ont pu être prolongées durant 8 mn grâce à la vitesse de l'avion, ont été contrariées par divers incidents : présence d'un voile notable de cirrus, bien que l'avion ait permis de choisir le lieu d'observation dans une zone d'éclaircie relative; panne mécanique de la chambre à grand champ; insuffisance du guidage. Cependant, les 16 clichés obtenus permettront sans doute de préciser la répartition de la brillance et de la polarisation coronales aux distances de l'astre comprises entre 3 fois et 15 fois son diamètre apparent, ceci en lumières jaune et infrarouge au moins. Quelques renseignements nouveaux relatifs aux poussières diffusantes du milieu interplanétaire pourront éventuellement être obtenus.

ÉLECTROTECHNIQUE. — *Sur la séparation des pertes magnétiques dans un moteur asynchrone d'induction monophasé fonctionnant à vitesse variable.* Note (*) de MM. **Max Teissie-Solier** et **Yvon Surchamp**, transmise par M. Charles Camichel.

L'étude du réglage de la vitesse d'un moteur asynchrone d'induction monophasé à l'aide d'un dispositif permettant la récupération de la puissance de glissement libérée par le secondaire [1], a conduit les auteurs à effectuer une séparation des pertes magnétiques de cette machine.

Afin de séparer les pertes magnétiques des armatures primaire et secondaire d'un moteur asynchrone monophasé fonctionnant à vitesse variable, nous avons utilisé une machine triphasée, dont deux phases seulement du bobinage primaire étaient alimentées en série. La présence de la troisième phase permettait, pour faciliter certaines vérifications, de réaliser quelques fonctionnements complémentaires. Le bobinage du secondaire était lui-même triphasé.

Les pertes magnétiques du primaire ont été mesurées, en assurant une alimentation triphasée de ses enroulements tandis que le secondaire fonctionnant à circuit ouvert, était entraîné par un moteur auxiliaire, à la vitesse de synchronisme N, dans le sens du flux tournant primaire.

A partir des résultats de ces essais, effectués à diverses fréquences et pour

(*) Séance du 27 juin 1955.

(1) *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 2196.

différentes inductions, il a été possible de calculer l'induction maximum B_m dans le stator, ainsi que les constantes α et β qui permettent de définir les pertes par courants de Foucault p_F et par hystérésis p_H du primaire par les relations

$$p_F = \alpha f^2 B_m^2 \quad \text{et} \quad p_H = \beta f B_m^x.$$

Il est à noter que : d'une part, α et β peuvent être obtenus, si le primaire n'est pas triphasé, en assurant l'alimentation du moteur par l'enroulement triphasé du secondaire; d'autre part, on montre facilement que l'induction maximum au primaire alimenté en monophasé est égale à celle donnée par une alimentation triphasée, lorsque la tension entre phases reste la même.

Des essais analogues aux précédents, réalisés avec le moteur à l'arrêt nous ont permis d'obtenir la valeur de l'induction B'_m au rotor, ainsi que les constantes α' et β' caractéristiques des pertes magnétiques de cette armature.

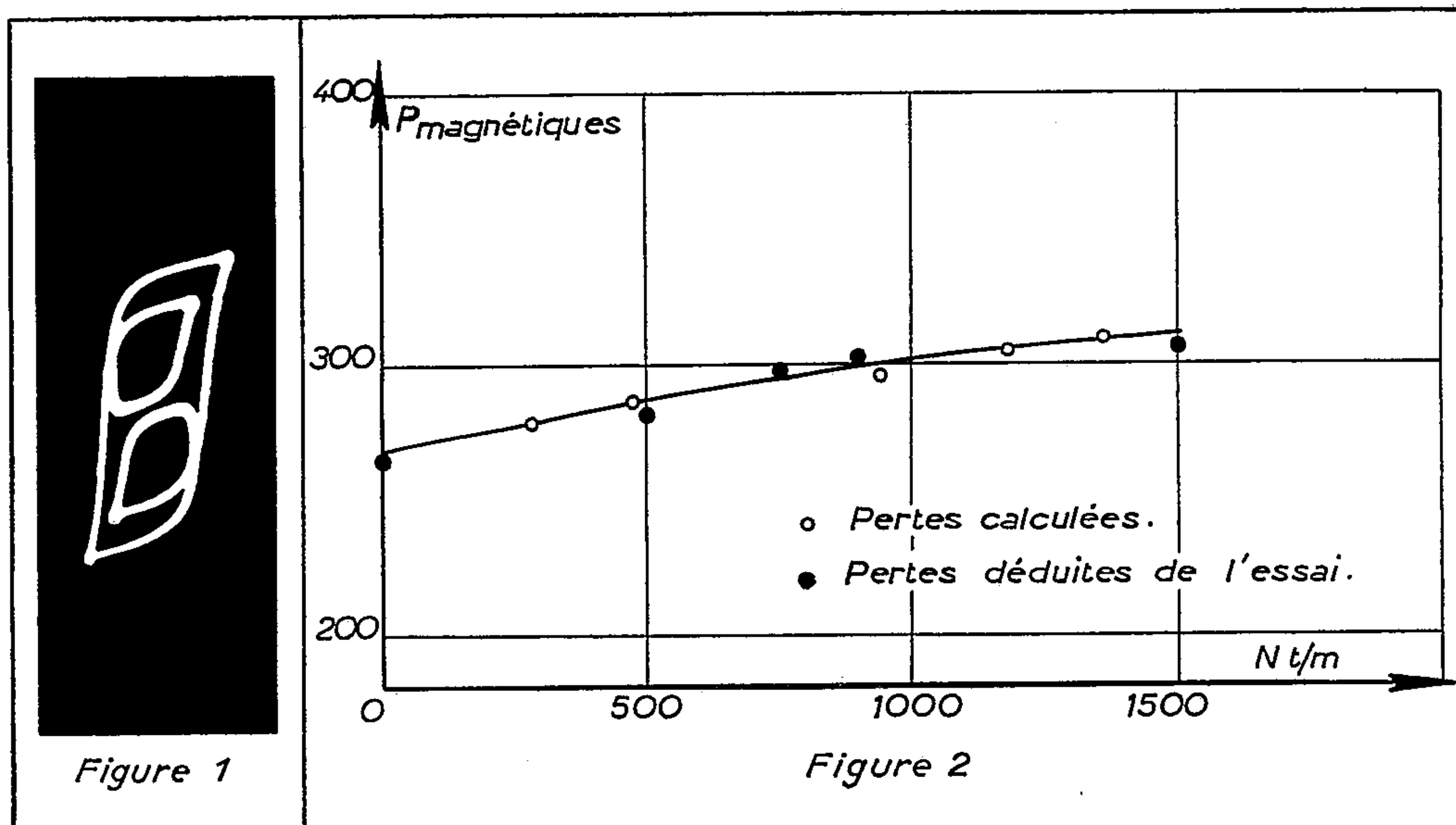


Figure 1 Figure 2

Utilisant ces renseignements, les pertes par courants de Foucault du secondaire se calculent en considérant le flux alternatif comme résultant de la superposition de deux flux tournants.

Par contre, les pertes par hystérésis calculées p'_{H_c} pour le secondaire, à partir de β' ne représentent pas les pertes réelles p'_{H_r}, la variation de l'induction en fonction du temps dans cette armature n'étant pas sinusoïdale.

Pour obtenir ces pertes réelles, nous avons dû définir un coefficient de correction K. Sa valeur a été obtenue en comparant pour diverses vitesses du secondaire correspondant à des cycles d'hystérésis de forme assez simple, donc à des rapports $(2-g)/g$ qui sont les premiers nombres entiers, les aires St de cycles théoriques et Sr de cycles réels. K désignant le rapport Sr/St il vient

$p'_{H_r} = p'_{H_c} \times K$. Étant donné les courants de fréquence gf et $(2-g)f$ dans le secondaire, les cycles étudiés présentent, suivant les vitesses, plusieurs boucles. La figure 1 est relative à la vitesse N/2 du secondaire. Les résultats ci-dessus conduisent à des conclusions analogues à celles de MM. Greig et Shurmser (²).

Pour vérifier enfin que la somme des pertes magnétiques ainsi obtenues représentait bien, aux diverses vitesses, les pertes globales correspondantes, nous avons alimenté le secondaire du moteur étudié, dont le primaire était fermé en court-circuit, par une deuxième machine asynchrone. Cette dernière, entraînée à vitesse variable par un moteur auxiliaire, était excitée au primaire monophasé par une tension alternative, tandis que son secondaire triphasé était électriquement relié à celui du moteur étudié.

La puissance absorbée par celui-ci permettait d'obtenir, après correction des pertes mécaniques, par effet Joule et supplémentaires, la valeur globale des pertes magnétiques du moteur soumis à l'essai. La courbe figure 2 montre la bonne concordance des pertes magnétiques calculées et de celles déduites de l'essai ci-dessus, dont le résultat est bien de placer le moteur dans des conditions magnétiques semblables à celles qui correspondent à sa marche à vitesse variable.

ÉLECTRO-OPTIQUE. — *Un filtre à bande passante très étroite réglable d'après le principe de l'interféromètre Pérot et Fabry*. Note (*) de MM. **Gaston Raoult** et **Jean-Claude Pecker**, transmise par M. Eugène Darmois.

Nous nous sommes proposés de réaliser un amplificateur à bande passante très étroite en généralisant le principe de l'interféromètre de Pérot et Fabry aux fréquences de la radioélectricité.

Le schéma de principe de cet appareil comporte essentiellement deux chaînes déphaseuses connectées suivant la figure I. Une lampe mélangeuse additionne le signal incident s et le signal de sortie S′ des deux chaînes placées en série. Le signal de sortie S de l'amplificateur est pris entre les deux chaînes.

Si l'on pose entre le signal d'entrée et de sortie d'une chaîne déphaseuse la relation $S' = SR_n e^{j\varphi_n}$, R_n étant l'amplification et φ_n le déphasage, on voit que l'on peut écrire

$$\begin{cases} S = (s + S') R_n e^{j\varphi_n} \\ S' = SR_n e^{j\varphi_n} \end{cases}$$

d'où nous tirons le rapport s/S inverse du gain de l'amplificateur ainsi constitué

(²) *Soft Magnetic Materials for telecommunications*, Pergamon Press, London.

(*) Séance du 20 juin 1955.

$s/S = G\, e^{ja}$ avec

$$\begin{cases} G^2 = \left(R_n - \dfrac{1}{R_n}\right)^2 + 4\sin^2\varphi_n \\ \operatorname{tg} a = \dfrac{R_n^2 + 1}{R_n^2 - 1}\operatorname{tg}\varphi_n. \end{cases}$$

La chaîne déphaseuse est composée de n étages identiques formés d'une cascade de trois circuits capacité-résistance et d'une lampe amplificatrice (*fig.* 2).

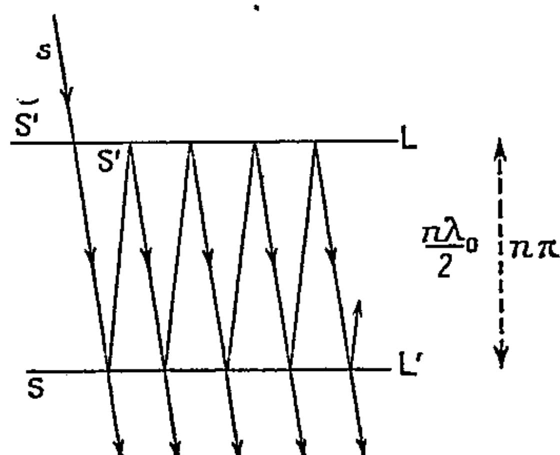


Fig. 1.

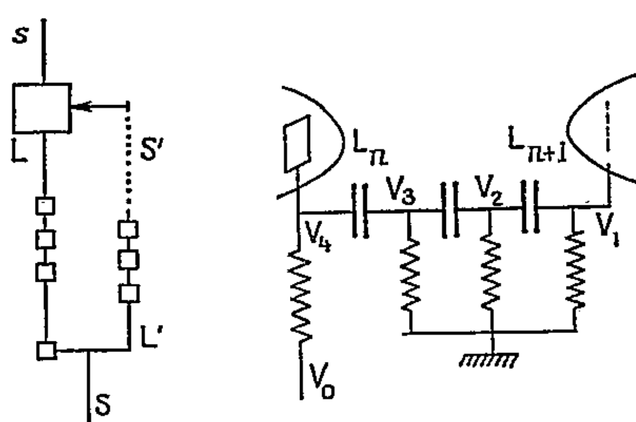


Fig. 2.

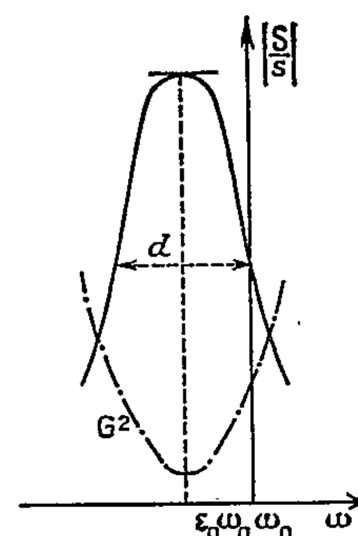


Fig. 3.

Si l'on pose $k = 1/CR\omega$, on a

$$V_4 = V_1[1 - 5k^2 + jk(k^2 - 6)].$$

Cela correspond à un déphasage φ et un affaiblissement r donnés par les formules

$$\operatorname{tg}\varphi = \frac{k(k^2 - 6)}{(1 - 5k^2)} \quad \text{et} \quad r^2 = (1 - 5k^2)^2 + k^2(k^2 - 6)^2.$$

Pour obtenir un déphasage de 180°, il faut avoir

$$k^2 = 6, \qquad k = k_0 = \sqrt{6}; \qquad r = r_0 = 29.$$

Si la lampe qui suit possède un gain de 29 ($g = 29$), le signal est transmis sans affaiblissement à l'étage suivant, et déphasé de 360°.

Posons $\omega = \omega_0(1 + \varepsilon)$ des développements limités donnent, si ω_0 est la pulsation pour laquelle $k = k_0$

$$\begin{cases} \operatorname{tg}\varphi = 1{,}01\,\varepsilon + 2{,}6\varepsilon^2 \quad \text{soit à la même précision} \quad \varphi = 1{,}01\,\varepsilon + 2{,}6\varepsilon^2, \\ r^2 = \overline{29}^2(1 - 4{,}14\varepsilon + 11{,}5\varepsilon^2). \end{cases}$$

Ce qui permet d'écrire les valeurs de R_n et de φ_n

$$\varphi_n = 2n\pi + 1{,}01\,n\varepsilon + 2{,}6\,n\varepsilon^2,$$

$$R_n^2 = \left(\frac{g}{29}\right)^{2n}(1 + 4{,}14\,n\varepsilon - 3n\varepsilon^2 + 8{,}5\,n^2\varepsilon^2),$$

$$\frac{1}{R_n^2} = \left(\frac{29}{g}\right)^{2n}(1 - 4{,}14\,n\varepsilon + 3n\varepsilon^2 + 8{,}5\,n^2\varepsilon^2).$$

Tous calculs terminés, et en appelant

$$A = \left(\frac{g}{29}\right)^n - \left(\frac{29}{g}\right)^n, \qquad B = \left(\frac{g}{29}\right)^n + \left(\frac{29}{g}\right)^n,$$

il vient

$$G^2 = A^2 - 4,14\,n\,AB\varepsilon + [AB(3n + 8,5n^2) + 21,1\,n^2]\varepsilon^2$$

et en se limitant au premier ordre pour tg$a$,

$$\text{tg}\,a = \frac{nB\varepsilon}{A}\left[1,01 + \left(2,6 - \frac{8,36\,n}{AB}\right)\varepsilon\right].$$

On remarque que le maximum du gain (minimum de G^2) est obtenu pour une fréquence légèrement différente de celle pour laquelle le déphasage est $2n\pi$, la valeur de ε étant $\varepsilon = \varepsilon_0 = 2,07\,AB/[AB(3n + 8,5n^2) + 21,1\,n^2]$ et le minimum de G^2 peu différent de $2A^2$. La largeur de la bande passante, calculée pour un gain moitié, donc pour une valeur de G quatre fois plus grande, est en supposant A petit

$$d = \frac{A}{6n} \# 2\varepsilon_0 \quad \text{(figure 3)} \quad d = \frac{d\omega}{\omega_0}.$$

La bande passante est d'autant plus fine que n est grand et que A est petit, si A est nul : le gain des lampes réglé de telle façon que le gain résultant pour une chaîne soit égal à l'unité, nous avons $\varepsilon_0 = 0$ et la largeur de bande est théoriquement nulle (on a $G^2 = 21,1\,N^2\varepsilon^2$). En réalité, dans ce cas nous aurions accrochage.

Si nous donnons à A la valeur 1/100 et avec $n = 10$, ce qui est raisonnable, on voit que $\varepsilon_0 = 10^{-4}$ et $d = 2.10^{-4}$.

Comme les calculs sont exactement les mêmes que pour l'interféromètre de Pérot et Fabry, nous voyons que l'épaisseur ne correspond pas rigoureusement à un nombre entier de longueurs d'onde, du fait que le coefficient de réflexion dépend de celle-ci. Un calcul approché montre une influence de ce phénomène de l'ordre de 10^{-10} de la longueur d'onde.

L'amplificateur dont nous venons de parler, avec 10 étages, est actuellement en construction, et nous avons l'intention de l'utiliser dans un détecteur de la lumière polarisée de la couronne solaire (coronomètre).

OPTIQUE. — *Compensateur biréfringent à grand champ.* Note (*) de MM. **Maurice Françon** et **Bernard Sergent**, transmise par M. Jean Cabannes.

On emploie généralement le compensateur de Babinet en lumière parallèle pour la mesure d'une différence de marche produite par une lame

(*) Séance du 27 juin 1955.

cristalline. Si on l'utilise en lumière même peu convergente le champ est limité par les lignes isochromatiques qui sont des hyperboles : l'ordre d'interférences varie d'une façon continue dans tout le champ et introduit des erreurs dans les observations. Il est possible d'éviter cet inconvénient au moyen des combinaisons suivantes utilisant des lames taillées parallèlement à l'axe :

1. Si l'on remplace une lame cristalline d'épaisseur e par deux lames identiques d'épaisseurs $e/2$ croisées en interposant une lame demi-onde, les biréfringences des deux lames s'ajoutent tandis que leurs variations qui sont de signes contraires se compensent en grande partie. Les lignes isochromatiques deviennent des cercles et le champ obtenu est 26 fois plus grand que celui d'une lame simple pour du quartz.

2. On obtient un résultat analogue en remplaçant une lame cristalline par deux lames taillées l'une dans un cristal positif (quartz), l'autre taillée dans un cristal négatif (spath), le rapport des épaisseurs étant convenable.

3. Un troisième système consiste à superposer une lame taillée dans un premier cristal et deux lames d'axes croisés taillées dans un deuxième cristal de signe contraire à celui du premier. Le choix des épaisseurs étant déterminé.

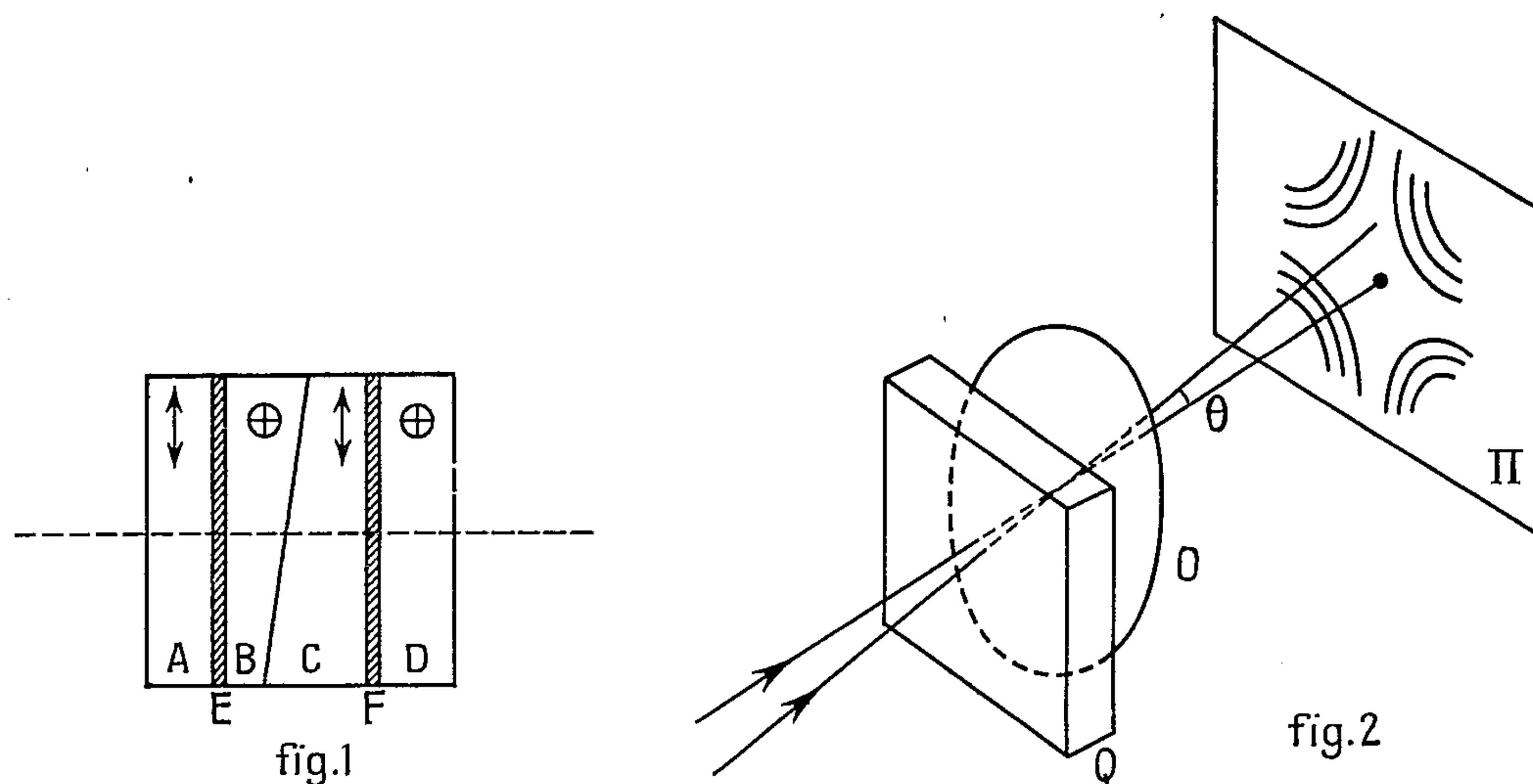


fig.1 fig.2

Ces différents systèmes ont été indiqués et utilisés par B. Lyot dans son filtre monochromatique polarisant. Ils peuvent être employés pour réaliser un compensateur du type Babinet à grand champ. En adoptant, par exemple la première solution on a la figure 1. Les quatre lames A, B, C, D sont quatre lames de quartz. Les lames A et D sont identiques et leur épaisseur est égale à l'épaisseur moyenne des deux lames prismatiques B et C. Ces deux lames sont également identiques et leur ensemble forme

une lame à faces parallèles. Les axes des lames C et D sont tournés de 90° par rapport à ceux des lames A et B. Entre A et B et entre C et D sont intercalées deux lames demi-ondes E et F dont les axes sont à 45° des axes des lames en quartz.

Le compensateur formé par ces lames montre des franges en lumière blanche comme dans le compensateur de Babinet ou le prisme de Wollaston et localisées également sur la face inclinée communes aux lames B et C. Avec un compensateur de Babinet ou de Wollaston la différence de marche varie rapidement avec l'inclinaison des rayons. Sur la figure 2 le compensateur de Babinet Q (ou le prisme de Wollaston) est traversé par un faisceau convergent de lumière en formant l'image d'une source étroite sur Q. Un objectif O placé derrière Q montre dans son plan focal π les lignes isochromatiques des lames taillées parallèlement à l'axe. Ce sont des hyperboles et le champ angulaire θ correspondant à une différence de marche pratiquement constante, c'est-à-dire à une teinte uniforme est petit.

Si on remplace le compensateur de Babinet ou de Wollaston par le nouveau compensateur on obtient un champ 26 fois plus grand et l'on peut utiliser un faisceau de lumière fortement convergent.

Le compensateur à grand champ peut être employé en microscopie interférentielle où grâce à ses propriétés il est possible de le placer dans l'oculaire du microscope.

Des montages interférentiels simples peuvent être réalisés pour l'étude des défauts d'homogénéité ou des défauts de poli dans le domaine macroscopique. Des larges surfaces peuvent être étudiés.

OPTIQUE CRISTALLINE. — *Luminescence de cristaux aux basses températures. IX. Transitions* T → S *du benzène.* Note (*) de MM. **Paul Pesteil**, **Adnan Zmerli** et Mme **Louise Pesteil**, présentée par M. Jean Cabannes.

Étude de la structure vibrationnelle des deux spectres de luminescence du benzène cristallisé à 20° K; on est conduit à admettre que les deux niveaux électroniques excités ont, respectivement, les symétries ${}^3B_{1u}$ et ${}^3E_u^-$.

La transition T → S du benzène cristallisé à 20° K située vers 3 400 Å a fait l'objet d'une Note récente (1). Nous donnons maintenant les résultats concernant la structure vibrationnelle et l'attribution d'un deuxième spectre qui va de 2 700 à 3 200 Å. Ce spectre a été obtenu en même temps que celui déjà décrit; l'excitation provenait d'une lampe à vapeur de mercure dont le

(*) Séance du 27 juin 1955.

(1) *Comptes rendus*, **240**, 1955, p. 1987

rayonnement était filtré par une cuve de chlore (un tel filtre laisse passer dans l'ultraviolet les radiations comprises entre 2 000 et 2 800 Å et arrête complètement le domaine situé entre 2 800 et 3 900 Å).

On peut voir, sur le cliché ci-après, que les bandes ont une finesse suffisante pour permettre une analyse vibrationnelle valable. La première bande (indiquée O sur le cliché) est située à 37 118 cm^{-1}; on trouve la même structure vibrationnelle que celle du spectre situé dans le proche ultraviolet, mais quelques nouvelles bandes apparaissent dont deux, très fortes, distantes de 525 et de 619 cm^{-1} de la première. La similitude des deux spectres nous autorise à reporter la transition O′ → O″ à 1 606 cm^{-1} de la première bande vers les hautes fréquences, c'est-à-dire à 38 724 cm^{-1} (1). L'étude vibrationnelle doit donc porter maintenant sur les bandes qui apparaissent dans un spectre et pas dans l'autre.

Nous avons schématisé ci-après la structure des deux spectres. Les bandes particulières à un spectre sont indiquées par un point surmontant le segment de droite de longueur proportionnelle à l'intensité. Nous proposons des combinaisons de vibrations et leurs symétries. On voit que les bandes qui se trouvent seulement dans le spectre de haute fréquence résultent de la combinaison des

vibrations de symétrie α_{1g} ou α_{2g}; il semble, d'autre part, qu'on trouve dans le spectre de basse fréquence des combinaisons de symétrie β_{1g}. Cela entraîne les conclusions suivantes :

Le spectre de basse fréquence a la structure vibrationnelle d'une transition B_{2u}.

Le spectre de haute fréquence a la structure vibrationnelle d'une transition E_u^-.

Il ne peut s'agir, dans ce dernier cas, de la transition S → S de plus basse fréquence dont la symétrie est $^1B_{2u}$. L'allure du spectre est d'ailleurs différente de celle du spectre obtenu avec la vapeur par de nombreux auteurs (²).

Nous admettrons plutôt que les deux spectres de luminescence proviennent du départ d'électrons de deux niveaux triplés de symétries $^3B_{2u}$ et $^3E_u^-$. Ce dernier niveau, très voisin du singulet $^1B_{2u}$ a d'ailleurs été prévu théoriquement par Rootham et Mulliken (³) et soupçonné expérimentalement sur le spectre d'absorption par Ham (⁴), Broude (⁵) et Davydov (⁶). Ces transitions ne peuvent être étudiées qu'avec des cristaux à très basse température et il apparaît alors qu'elles sont plus probables que les transitions S→S d'énergies voisines. En ce qui concerne le spectre de basse fréquence, qui a la structure vibrationnelle d'une transition B_{2u}, il n'est pas exclu que le niveau supérieur soit de symétrie $^3B_{1u}$ car il peut aussi y avoir perturbation par le niveau $^1B_{2u}$ dont la symétrie apparaîtrait alors (⁷).

Notons aussi la disparition du spectre sur 1606 cm⁻¹, phénomène que nous avons déjà trouvé à propos des cétones et de l'hexachlorobenzène (⁸) et que nous avons aussi vérifié dans le cas de nombreux autres dérivés halogénés et méthylés du benzène et du naphtalène. Ajoutons enfin que les deux spectres sont distants de 8 200 cm⁻¹ environ et que l'on trouve, dans le proche infrarouge, des bandes d'absorption de cette fréquence qui ont été jusqu'ici attribuées à des vibrations-rotations.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Sur les mouvements collectifs de rotation des noyaux*. II. Note (*) de M. **Roger Nataf**, présentée par M. Louis de Broglie.

Dans la Note I précédente, nous avons effectué sur l'hamiltonien nucléaire, suivant la méthode indiquée en (*a*) la transformation des coordonnées spatiales $\vec{x}_1, \ldots, \vec{x}_A$ aux coordonnées Θ_i définissant les axes intrinsèques de A. Bohr, et $\vec{x}_1, \ldots, \vec{x}_{A-1}$ relativement à ces axes. Nous examinons ici les propriétés de l'hamiltonien obtenu, et la possibilité d'appliquer la méthode (*b*).

(²) S. Leach, *J. Chim. Phys.*, 51, 1954, p. 556.
(³) *J. Chem. Phys.*, 16, 1948, p. 118.
(⁴) *J. Chem. Phys.*, 21, 1953, p. 756.
(⁵) *Zhur. Eksper. teoret. Fiz.*, 21, 1951, p. 665.
(⁶) *Zhur. Eks. teor. Fiz.*, 21, 1951, p. 673.
(⁷) Mac Clure, *J. Chem. Phys.*, 17, 1949, p. 665.
(⁸) *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 1789; 239, 1954, p. 255 et 240, 1955, p. 2217.

(*) Séance du 20 juin 1955.

La rotation $(\Theta_1\Theta_2\Theta_3)$ du système de coordonnées induit sur la fonction $\Psi^L_M(\vec{x}_p)$ la transformation

$$(1) \qquad \Psi^L_M(\vec{x}_1, \ldots, \vec{x}_A) = \chi^L_K(\vec{x}'_1, \ldots, \vec{x}'_{A-1}) D^L_{KM}(\theta_i)$$

[sommation sur K comme, dans I, sur les indices répétés de (6) et (5 *b*)].

Substituant (1) dans $H\Psi(x', \Theta_i) = E\Psi$, multipliant par $D^L_{M\sigma}(\Theta_i)$ et intégrant sur les Θ_i (c'est-à-dire sur tout le groupe continu des rotations) on obtient, compte tenu des relations d'orthogonalité pour les $D(\Theta_i)$, des équations couplant entre eux les $\chi^L_K(x')$ correspondant aux différentes valeurs de K ; elles s'obtiennent en remplaçant les $Q_\varkappa$ par $L_\varkappa$, les $L_\varkappa$ étant les opérateurs tels que $(L_1 + iL_2)\chi^L_K = \sqrt{(L-K)(L+K+1)}\chi^L_{K+1}, \ldots,$ projections sur les axes intrinsèques du moment orbital absolu total, en accord avec le calcul direct de $L_\varkappa(x_{p\mu})$ en fonction des Θ_i, $x'_{p\nu}$.

Introduisant les spins par une transformation simple on obtient, en regroupant (7), (8), (9) de I

$$(2) \qquad H = \left(\sum_{p=1}^{A-1} H_p(x'_p) + V_{Ap}\right) + \frac{1}{2}\sum_\varkappa \frac{(I_\varkappa - J_\varkappa)^2}{\mathcal{J}_\varkappa} + \sqrt{\frac{15}{16\pi}} \sum_\varkappa \frac{N'_\varkappa(I_\varkappa - J_\varkappa)}{\sqrt{B\mathcal{J}^0_\varkappa}}.$$

où $I_\varkappa = L_\varkappa + S_\varkappa$ sont les composantes du moment angulaire absolu et $J_\varkappa = L'_\varkappa + S_\varkappa$ celles du moment angulaire relatif.

Les $\sqrt{B\mathcal{J}^0_\varkappa}$ sont pris, comme dans I, avec un signe approprié.

Les solutions de (2) sont de la forme $\sum_{j,\omega,K} \chi^{L,j}_{K,\Omega}(x') D^L_{KM}(\theta_i)$ avec K, $K \pm 1$; Ω, $\Omega \pm 1$, $\Omega \pm 2$; j, $j \pm 1$, $j \pm 2$ (et $-K$, $-\Omega$, etc...) comme dans ([1]) pour le cas général où l'ellipsoïde nucléaire n'est pas de révolution si l'on remplace les fonctions des $x'_{p\varkappa} : \mathcal{J}_\varkappa$, $\mathcal{J}^0_\mu$, b par des valeurs moyennes constantes.

En fait, (2) diffère de l'hamiltonien de ([1]) par le dernier terme, qui, dans le cas où Oz' est axe de révolution ($\mathcal{J}^0_1 = \mathcal{J}^0_2 = 3B\beta^2$, avec $\beta = a_0$; $a_2 = \mathcal{J}^0_3 = 0$), est apparemment de l'ordre de $[3\beta/4(b - \varepsilon_1)](\sqrt{5/\pi}) \simeq (3\varepsilon_3/2 - \varepsilon_3)$ par rapport au second, T_{rot}. Pour les noyaux très déformés, $\varepsilon_3 \simeq 0{,}20$ à $0{,}25$ [*cf.* ([2])], ce rapport est $\simeq 1/3$, et pour les faibles déformations $\simeq 1/6$; mais, des facteurs dépendant de j, Ω, etc. peuvent rendre ses éléments de matrice au moins égaux à ceux de T_{rot}. *Ainsi*, (2) *ne conduit pas aux niveaux de rotation.* Par ailleurs, les expressions a_1, a_2, b remplacées par ces constantes devraient avoir au moins des éléments de matrice non diagonaux petits, ce qui semble difficile à prouver. On peut aussi les prendre pour nouvelles variables remplaçant les coordonnées d'un autre nucléon. H contient alors des termes cinétiques de *vibration* comme dans ([1]), et aussi de pulsation (variations de b),

([1]) A. BOHR et B. R. MOTTELSON, *Dan. Mat. Fys. Medd.*, 27, 1953, n° 16.

([2]) K. W. FORD, *Phys. Rev.*, 95, 1954, p. 1250.

mais de nouveaux termes croisés apparaissent. Quant à l'expression du potentiel en fonction de a_0, a_2, b que l'on obtiendrait à partir des forces nucléaires connues, elle est très compliquée.

Enfin si l'on tente d'appliquer (b) de I en considérant $\Phi(\theta_i, \vec{x}'_1, \ldots, \vec{x}'_A)$, on obtient de même l'hamiltonien H(A) déduit de (2) en supprimant ΣV_{AP} et remplaçant toutes les $\sum_i^{A-1}$ par $\sum_1^{A}$. Mais, en l'absence de conditions supplémentaires, Φ pourrait être une quelconque fonction $F(\theta_i, \vec{x}'_p, \gamma_\mu c_\mu)$ avec $c_1 \equiv \sum_1^A y'_p z'_p, \ldots$ par permutation. Pour éliminer l'arbitraire, l'un au moins des deux ensembles de conditions

$$N'_\varkappa \Phi = C_\varkappa \quad \text{(constantes)} \tag{3}$$

ou

$$L'_\varkappa \Phi = 0 \tag{4}$$

est nécessaire (mais non suffisant). Combinant les (3) entre elles, les (4) en résultent à cause des relations $[N'_1, N'_2] = iL'_3, \ldots$ puis, par combinaisons des (3) et (4), les

$$C_\varkappa = 0 \quad \text{et} \quad P'_\varkappa \Phi = 0 \quad \text{où} \quad P'_1 \equiv \sum_p y'_p \frac{\partial}{\partial y'_p} - z'_p \frac{\partial}{\partial z'_p}, \ldots \tag{5}$$

Par combinaison avec

$$H(A)\Phi = E\Phi, \tag{6}$$

(4) redonne de même l'ensemble (3), (avec les $C_\varkappa = 0$), (4) et (5).

L'ensemble des neuf opérateurs $N'_\varkappa$, $L'_\varkappa$, $P'_\varkappa$ correspond au groupe complet des transformations linéaires sur $\vec{x}'$. A supposer que Φ invariante par ces transformations existe, H(A) n'est évidemment pas invariant par ce groupe et l'ensemble (3), ..., (6) est incompatible contrairement a (b) de I.

L'échec de la transformation de A. Bohr correspond à l'absence d'un théorème classique analogue à celui du centre de gravité et semble indiquer qu'on ne peut envisager une rotation d'ensemble sans tenir compte des interactions des extra-nucléons et du cœur du noyau, causes de sa déformation.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Mesure du rapport capture* L/*capture* K *de l'argon* 37. Note de MM. **Michel Langevin** et **Pierre Radvanyi**, présentée par M. Frédéric Joliot.

Le rapport d'embranchement capture L/capture K de l'argon 37 a été déterminé avec un compteur proportionnel de grand volume rempli de xénon. On a trouvé $\lambda_L/\lambda_K = 0{,}092^{+0{,}010}_{-0{,}005}$, valeur voisine de la valeur théorique 0,082. Le nombre moyen de paires d'ions créées par un processus L est 1/10,24 de celui d'un processus K.

La capture d'électrons orbitaux de la couche L avait été mise en évidence

pour la première fois en 1949 par Pontecorvo, Hanna et Kirkwood (1) sur ^{37}A avec un compteur proportionnel. Ces auteurs trouvaient un rapport λ_L/λ_K compris entre 8 et 9 % ; le calcul théorique donnait $\lambda_L/\lambda_K = 0{,}082$ (2). Récemment O. Kofoed-Hansen (3) étudiant les noyaux de recul de ^{37}A trouvait un rapport (électrons Auger K)/(nombre total de captures) = 0,65, ce qui, avec un rendement de fluorescence de 0,075 (4), conduirait à $\lambda_L/\lambda_K = 0{,}42$.

Nous avons préparé ^{37}A de 35 jours de période par irradiation d'un monocristal de ClNa avec les deutons de 6,7 MeV du cyclotron du Collège de France. L'argon actif formé a été séparé par dissolution sous vide et entraînement dans le compteur par un courant de xénon. Nous avons utilisé pour les mesures le compteur proportionnel et l'installation correspondante décrits précédemment (5), (6), (7). Le compteur de longueur utile 36 cm et de diamètre 8,4 cm, était rempli à une pression totale de 71,5 cm avec un mélange de 90 % de xénon et de 10 % de propane. Dans ces conditions on observe deux raies correspondant aux énergies de liaison des électrons K et L du chlore et dues presque entièrement, l'une à la capture K, l'autre à la capture L, l'échappement des photons K du compteur n'étant en effet que de 2,6 %. La raie L doit correspondre pratiquement à l'énergie L_I, car, d'après la théorie, les électrons L capturés doivent être presque exclusivement des électrons L_I.

La tension de fonctionnement du compteur était de 3.340 volts. Les raies K et L mesurées avec un analyseur d'impulsions à bande mobile sont reproduites sur la figure après soustraction du mouvement propre. Nous avons pu suivre la forme de la raie L jusqu'à une énergie d'environ 100 eV. Au dessous de cette énergie la raie L a été extrapolée en suivant une distribution de Poisson. Les surfaces des raies ont été planimétrées et, après avoir tenu compte de l'échappement de quelques photons K, on obtient pour la raie K 35.347 impulsions/mn et pour la raie L 3.255 impulsions/mn, ce qui conduit à

$$\frac{\lambda_L}{\lambda_K} = 0{,}092 \begin{cases} +0{,}010 \\ -0{,}005 \end{cases},$$

valeur très voisine de la valeur théorique 0,082.

Nous avons cherché à déterminer l'énergie de liaison des électrons L_I de $_{17}Cl$ à partir de l'énergie de liaison K[2,819 keV (8)]. Les raies L et K de la figure

(1) B. Pontecorvo, D. H. W. Kirkwood et G. C. Hanna, *Phys. Rev.*, 75, 1949, p. 982.

(2) M. E. Rose et J. L. Jackson, *Phys. Rev.*, 76, 1949, p. 1540.

(3) *Phys. Rev.*, 96, 1954, p. 1045.

(4) E. H. S. Burhop, *The Auger effect*, Cambridge University Press, et *Intervention au Colloque international du C. N. R. S.*, 1954, (*J. Phys. Rad.*, à paraître).

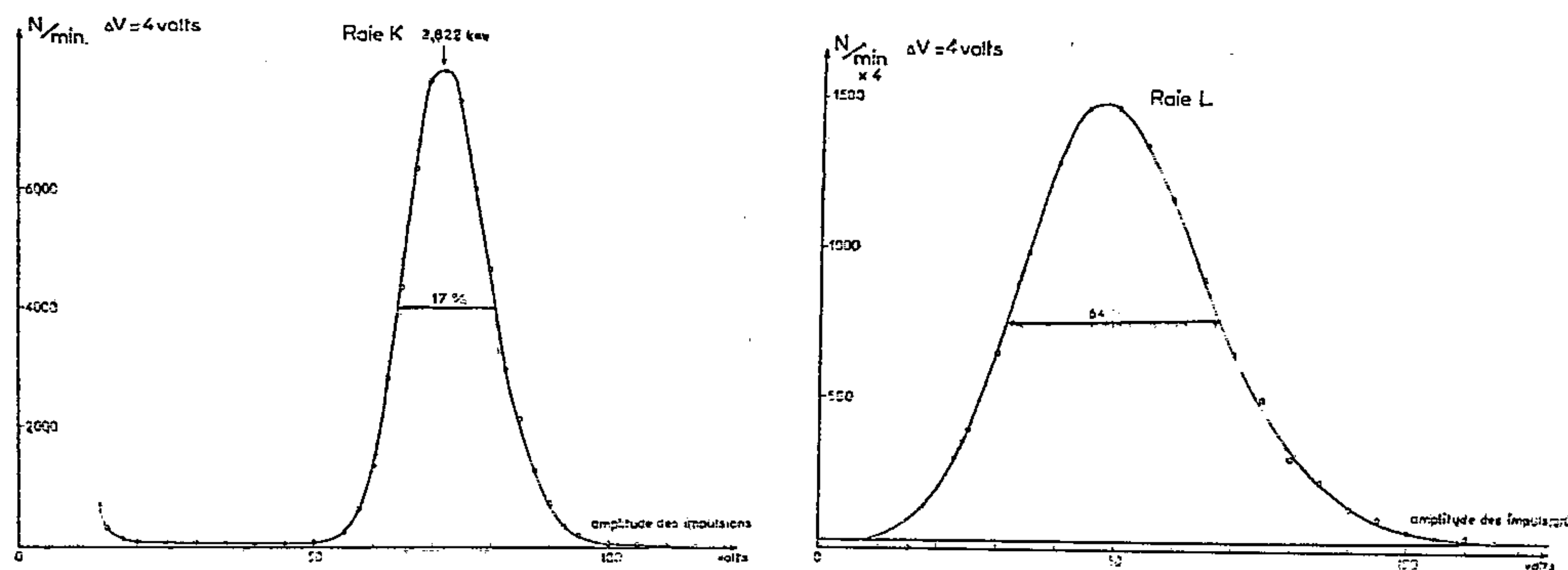
(5) M. Langevin et P. Radvanyi, *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 77.

(6) P. Radvanyi, *Thèse de Doctorat*, Paris, juin 1954, *Ann. Phys.* (à paraître).

(7) M. Langevin, *Thèse de Doctorat*, Paris, mai 1955, *Ann. Phys.* (à paraître).

(8) Y. Cauchois, *J. Phys. Rad.*, 16, 1955, p. 253.

ont été obtenues avec le même coefficient d'amplification gazeuse mais avec deux « gains » différents de l'amplificateur linéaire. Le rapport des facteurs d'amplification a été mesuré avec un générateur d'impulsions et nous avons



Raie L et raie K après soustraction du mouvement propre.

trouvé que les impulsions correspondant au maximum de la raie K sont 10,24 fois plus hautes que les impulsions moyennes de la raie L. Cela signifie que le nombre de paires d'ions créées par un processus L est en moyenne 1/10,24 du nombre de paires d'ions créées par un processus K.

Ce résultat peut être interprété de deux manières différentes :

a. Si l'énergie moyenne nécessaire à la création d'une paire d'ions ne varie pas sensiblement avec l'énergie de l'électron incident, l'énergie de liaison des électrons L_I doit être de 275 eV, valeur sensiblement supérieure à celle admise jusqu'ici [238 eV ([9])].

b. On peut aussi penser que l'énergie moyenne nécessaire à la création d'une paire d'ions dans le gaz de remplissage du compteur est plus petite pour des électrons de très faible énergie. Si l'énergie L_I était de 238 eV ([9]), ce facteur de réduction serait de $238/275 = 0,865$. Notons que Pontecorvo et al. ([1]) avaient au contraire trouvé une hauteur moyenne des impulsions L_I plus petite que la hauteur prévue.

Un écart important entre expériences et théorie pour la valeur de λ_L/λ_K avait été observé pour ^{79}Kr ([10]), ([5]), ([6]) et pour ^{71}Ge ([11]), ([7]).

En comparant ces résultats à ceux obtenus pour ^{37}A on est conduit à supposer : soit que la valeur du rendement de fluorescence K utilisée dans l'interprétation des expériences sur ^{79}Kr et sur ^{71}Ge est nettement trop faible; soit que l'écart expérience-théorie, insignifiant pour l'argon, devient important pour des Z plus élevés ou dans certains domaines particuliers de Z.

([9]) R. D. Hill, E. L. Church et J. W. Mihelich, *Rev. Sc. Inst.*, 23, 1952, p. 523.
([10]) P. Radvanyi, *Comptes rendus*, 235, 1952, p. 428.
([11]) M. Langevin, *Comptes rendus*, 239, 1954, p. 1625.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Étude, au moyen de la méthode des coïncidences $\alpha - e^-$, de l'émission d'électrons accompagnant le rayonnement α de* ^{210}Po. Note de M. **Maurice Duquesne**, présentée par M. Frédéric Joliot.

Il est bien établi que la désintégration α de ^{210}Po présente un embranchement d'intensité $1,5.10^{-5}$ conduisant à un niveau excité du ^{206}Pb situé a 800 keV environ au-dessus du niveau fondamental. Des divergences peuvent apparaître lorsqu'il s'agit d'expliquer la présence des rayonnements X_K, X_L et X_M du Pb dans la désintégration de ^{210}Po, rayonnements mis en évidence dès 1930 par W. Bothe et H. Becker d'une part (1), I. Curie et F. Joliot d'autre part (2).

D'après les résultats concordants de Grace (3) et M. Rion (4) les intensités des différents rayonnements électromagnétiques sont les suivantes :

$$X_L \simeq 2,6.10^{-4}; \quad X_K \simeq 1,6.10^{-6}; \quad \gamma\,(800\ \text{keV}) \simeq 1,5.10^{-5}.$$

Deux phénomènes peuvent en effet rendre compte de la présence de ce rayonnement X du Pb :

1° une conversion interne du rayonnement de 800 keV;

2° l'autoionisation et l'autoexcitation dues au changement de charge $Z \rightarrow Z - 2$ accompagnant la radioactivité α (5).

Les deux processus envisagés s'accompagnent de l'émission d'électrons, mais à cause de la différence d'origine, on peut en utilisant la méthode des coïncidences $\alpha - e^-$, rendre négligeable l'influence des e^- de conversion liés à l'embranchement α de $1,5.10^{-5}$ et étudier ainsi les e^- d'autoionisation liés à la totalité du rayonnement α.

Les e^- de conversion ont été étudiés au spectromètre par Pryce (6) qui utilise une source de ^{210}Po de 500 m^c; les rapports K/(L + M) et K/L furent déterminés, le rapport K/L étant en accord avec une transition E_2 envisagée pour le rayonnement γ de 800 keV (7).

Pour une telle transition le coefficient de conversion serait $0,9.10^{-2}$ et

(1) *Z. Phys.*, 66, p. 307.
(2) *J. Phys. Rad.*, 2, 1931, p. 20.
(3) A. Grace, R. A. Allen, D. West et H. Halban, *Proc. Phys. Soc.* (London), 64 A, 1951, p. 493.
(4) *J. Phys. Rad.*, 13, 1952, p. 244.
(5) Migdal, *J. Exp. Theor. Phys.* (*U. R. S. S.*), 11, 1941, p. 207; J. S. Levinger, *Phys. Rev.*, 90, 1953, p. 11.
(6) D. E. Alburger et M. H. L. Pryce, *Phys. Rev.*, 95, 1954, p. 1482.
(7) S. de Benedetti et G. H. Minton, *Phys. Rev.*, 85, 1952, p. 134.

l'intensité du rayonnement X est alors trop grande pour s'expliquer uniquement par la conversion interne ([8]).

D'autres auteurs ([9]), ([10]) ont étudié la distribution en énergie des e^- émis par ^{210}Po, soit par la méthode de la chambre à diffusion, soit par la méthode des coïncidences $X - e^-$; ces auteurs concluent que les e^- émis par ^{210}Po ont une distribution continue conforme à la théorie de Migdal.

Nous avons entrepris l'étude par la méthode des coïncidences $\alpha - e^-$ des e^- d'autoionisation de ^{210}Po dans un dispositif où deux compteurs Geiger-Muller C_1 et C_2 sont disposés symétriquement par rapport à la source ($\omega \simeq 1,2.10^{-2}$ de 4π). La masse superficielle m_0 des fenêtres détermine un seuil pour l'énergie des e^- détectés (transmission $T = 0$); pour chaque valeur de m_0 nous donnons dans le tableau les énergies correspondant aux transmissions $T = 0$ et $T = 1$.

Nous désignons par λ la probabilité d'avoir un e^- d'énergie supérieure à $E(m_0)$ associé à la désintégration α

$$E(T=0) < E(m_0) < E(T=1).$$

Un champ magnétique agissant entre la source et l'un des compteurs C_1 permet de dévier de C_1 les e^- du spectre β de ^{35}S ($E_{max} = 176$ keV). En l'absence de champ nous obtenons donc une limite supérieure de λ puisque nous détectons les coïncidences $\alpha - e^-$ et $\alpha - X$; l'action du champ nous permet d'évaluer la contribution des coïncidences du type $\alpha - X$ et d'atteindre ainsi le taux des coïncidences $\alpha - e^-$.

m_0	E(T = 0) (keV).	E(T = 1) (keV).	Valeurs de λ.
1 mg/cm²	25	70	$\lambda_{lim} = 4,4 \pm 4.10^{-4}$
120 µg/cm²	8	22	$\lambda_{lim} = 2,7 \pm 0,7.10^{-3}$
90 µg/cm²	5	19	$\lambda_{lim} = 13 \pm 2,5.10^{-3}$
			$\lambda = 8,3 \pm 3,2.10^{-3}$

Avec des compteurs à scintillations (cristaux d'anthracène) dans un dispositif semblable au précédent, nous avons obtenu le spectre intégral des coïncidences $(\alpha - e^-) + (\alpha - X)$:

$$\text{pour } E \geq 38 \text{ keV} : \quad \lambda_{lim} = 1,8 \pm 0,6.10^{-3}.$$

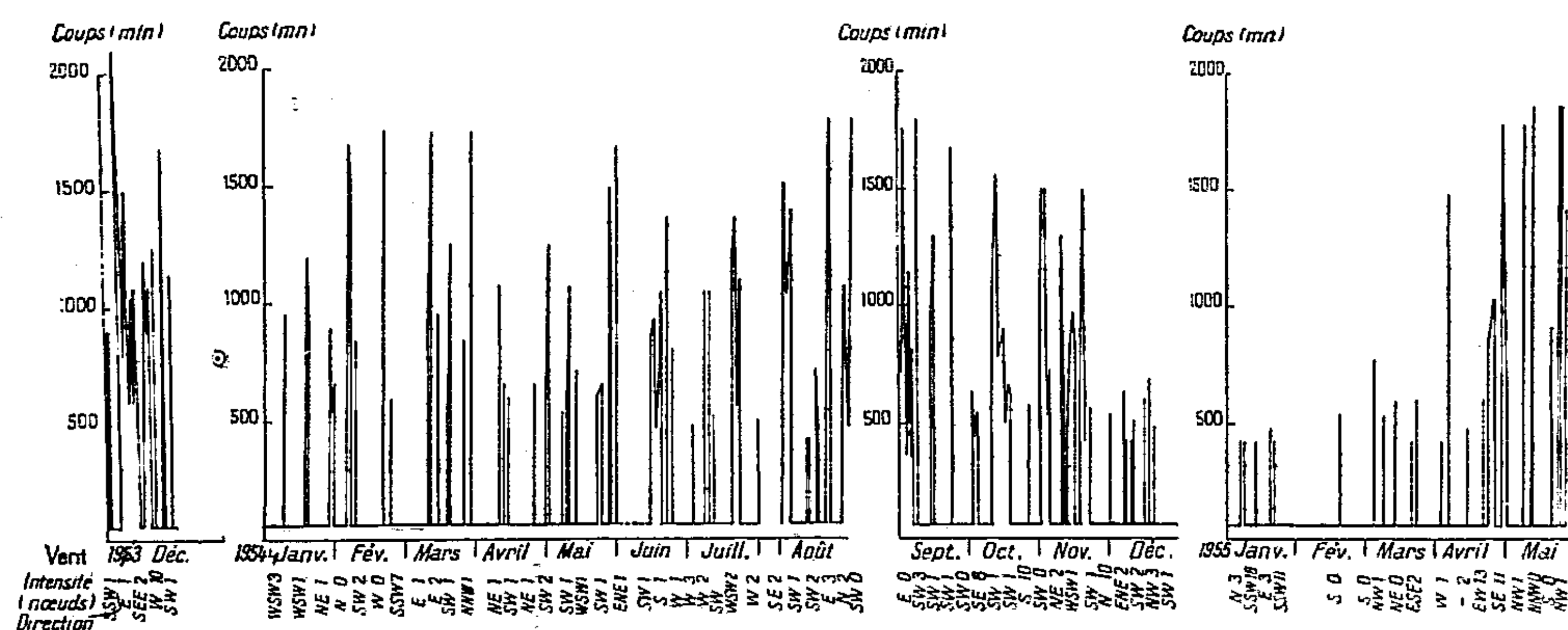
Les valeurs que nous obtenons sont inférieures à celles données par R. R. Roy et M. L. Goes ([9]) qui observent à la chambre à diffusion $2,7.10^{-3}$ e^- par désintégration α dans la bande d'énergie 41 keV-98 keV mais d'après ces mêmes auteurs la théorie de Migdal pour cette bande d'énergie donnerait la valeur $6,4.10^{-4}$.

([8]) Barber et Helm, *Phys. Rev.*, 86, 1952, p. 275.
([9]) R.-R. Roy et M.-L. Goes, *Comptes rendus*, 237, 1953, p. 1515.
([10]) A. Lagasse et J. Doyen, *Comptes rendus*, 239, 1954, p. 670.

RADIOACTIVITÉ. — *Variations de la radioactivité naturelle et artificielle de l'atmosphère*. Note (*) de Mlle **Olga Tanaevsky** et M. **Étienne Vassy**, présentée par M. Francis Perrin.

L'enregistrement continu de la radioactivité de l'air fait apparaître dans la plupart des cas où l'atmosphère est calme une accumulation de la teneur en radon, disparaissant dès que réapparaît le moindre vent. La radioactivité des eaux de pluie relevées avec un pluviomètre spécial est ces derniers temps parfois très importante; les périodes des éléments indiquent leur origine artificielle.

Nous avons enregistré depuis décembre 1953 à la Station Scientifique du Val Joyeux la radioactivité de l'air prélevé à 4 m au-dessus du niveau du sol. L'enregistreur utilisé a été décrit par J. Labeyrie et M. Pelle (¹). La figure donne les activités (en chocs par minute) constatées depuis décembre 1953 jusqu'à fin mai 1955, ainsi que les directions et intensités du vent (en nœuds).



L'activité constatée est due aux dérivées du radon et du thoron. Aucune périodicité annuelle de l'émanation du radon ne semble se dégager de l'examen de cette figure. La radioactivité d'une année à l'autre est tout à fait différente; par exemple le mois de décembre en 1953 est très actif, tandis qu'en 1954 il est calme. Nous avons cherché une relation entre la présence du radon, la température et la pression, mais n'en avons trouvé aucune, par contre, il semblerait en exister une avec la vitesse du vent. Donnons à titre d'exemple l'activité du 10 mars (20 h) au 11 mars 1954 (14 h) ainsi que la vitesse du vent. A 6 h et 9 h, deux maxima d'activité correspondent à des vitesses nulles du vent, à 10 h l'activité diminue brusquement, tandis que la vitesse du vent augmente. Le phénomène se présente souvent de la même manière; nous n'avons rencontré que six cas de forte radioactivité pour des vents assez intenses.

(*) Séance du 27 juin 1955.

(¹) *J. Phys. Radium*, 14, 1953, p. 477.

Il apparaît une accumulation de la radioactivité lorsque la vitesse du vent est faible. Ce phénomène très net dans la plupart des cas n'est pas absolument général. Sur 66 cas de forte radioactivité, 30 sont par vent SW ou WSW, une source de radon semble exister dans cette direction.

N'ayant constaté avec l'appareil utilisé aucune activité artificielle de l'atmosphère, nous avons pensé, à la suite des travaux d'Abribat (²), Holter (³), Garrigue (⁴), Miyake (⁵), Thomas (⁶) et Bell (⁷), à mesurer la radioactivité des précipitations. Ces mesures commencées en janvier dernier se rapportent aux eaux de pluie et à la neige recueillies au Val Joyeux. L'eau de pluie tout d'abord récoltée directement du toit fut par la suite recueillie dans un pluviomètre spécial. Il fut réalisé à la suite de la constatation qu'au début de la pluie la radioactivité est plus importante qu'à la fin, les aérosols radioactifs étant précipités au sol par la pluie. Par exemple cette radioactivité peut passer de 87 chocs/mn à 28 chocs/mn après une chute de 22 mm de pluie. Aussi, le pluviomètre réalisé se ferme automatiquement dès qu'il contient 2 litres d'eau.

Type de précipitation.		Activité initiale en coups par minute et par litre (mouvement propre déduit).	Période apparente (jours).
Pluie.......	11/1	16	10
Neige.......	13/1	25	104
Neige.......	15/2	50	30
Pluie.......	21/2	8	153
Pluie.......	Nuit 23 au 24/2	14	110
Neige.......	7/3	13	28
Pluie.......	Nuit 20 au 21/3	88	19
Pluie.......	22/3	35	31
Pluie.......	28/3	90	22
Pluie.......	Nuit 6 au 7/4	1596	13
Pluie.......	10/4	189	15
Pluie.......	5/5	112	28
Pluie.......	6/5	47	31
Pluie.......	Nuit 13 au 14/5	47	19
Pluie.......	15/5	87	25
Pluie.......	Nuit 16 au 17/5	15	14
Pluie.......	18/5	53	21
Pluie.......	19/5	20	23

(²) M. ABRIBAT, R. PINOIR, J. POURADIER et A. M. VENET, *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 1161; 235, 1952, p. 157.

(³) N. J. HOLTER et W. R. GLUSSCOCK, *Nucleonics*, 10, 1952, p. 10.

(⁴) M. GARRIGUE, *Comptes rendus*, 236, 1953, p. 2309; 237, 1953, p. 1232; 238, 1954, p. 2074.

(⁵) Y. MIKAYE, *Papers Meteo. Geophysics*, 5, 1954, p. 172.

(⁶) THOMAS, Communications privées.

(⁷) BELL, Communications privées.

La neige a été ramassée au sol et fondue. Après évaporation d'un litre d'eau, le résidu sec placé dans une boîte Pétri est mesuré au compteur de Geiger-Müller 24 à 48 h après la prise de l'échantillon; ainsi presque tout le radon, le thoron et leurs produits de filiation sont éliminés. Le tableau ci-dessus donne l'activité β des précipitations observées, ainsi que la période apparente.

La radioactivité la plus forte enregistrée est de 724 micromicrocuries par litre d'eau. En suivant la décroissance de l'activité des résidus, on voit qu'ils sont constitués par un mélange de radioéléments de périodes apparentes assez longues. La radioactivité constatée a une origine artificielle vraisemblablement due aux explosions atomiques qui ont eu lieu.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Concentration d'isotopes par électromigration très rapide sur papier*. Note (*) de MM. **André Bonnin**, **Marius Chemla** et **Pierre Süe**, présentée par M. Frédéric Joliot.

Une méthode d'électromigration sur papier utilisant des champs électriques élevés a été mise au point. Elle permet d'obtenir de longs parcours dans des temps brefs. Appliquée à la séparation des isotopes ^{22}Na et ^{24}Na, elle a conduit à des rapports $^{22}Na/^{24}Na$ variant de 0,28 à 1,83 d'une extrémité à l'autre de la tache radioactive.

Divers auteurs ont déjà appliqué aux séparations d'isotopes l'électromigration dans des sels solides (1), (2), fondus (3), et en solution aqueuse (4). Nous nous sommes attachés à simplifier cette dernière méthode par l'emploi de l'électromigration sur papier. Nos expériences utilisent les isotopes radioactifs du sodium de nombres de masse 22 et 24, dont la différence relative de masse est importante, et dont le mélange peut être analysé simplement par mesure de la décroissance radioactive (période de ^{22}Na : 2,6 ans; de ^{24}Na : 14,8 h).

La faible différence de mobilité des ions $^{22}Na^+$ et $^{24}Na^+$, mise en évidence dans des essais préliminaires, impose de longues distances de migration. La diffusion des taches diminuant l'efficacité des séparations, il est avantageux d'utiliser des champs électriques élevés permettant aux ions d'effectuer rapidement ces longs parcours. Afin de réduire l'importance de la tension nécessaire, le champ est appliqué sur une partie seulement de la bande de papier que l'on déplace par rapport aux électrodes au cours de la migration. Il est également important d'éviter l'évaporation qui entraîne rapidement un dessèchement local de la cellulose, puis l'éclatement d'arcs qui la détruisent.

(*) Séance du 20 juin 1955.

(1) A. Klemm, *Z. Naturforsch.*, 2a, 1947, p. 9.

(2) M. Chemla et P. Süe, *Comptes rendus*, 236, 1953, p. 2397.

(3) A. Klemm, *Z. Naturforsch.*, 8a, 1953, p. 397.

(4) Brewer, Madorsky et al., *J. Research. Nat. Bur. Standards*, 38, 1947, p. 137.

L'appareil remplissant ces conditions est représenté figure 1. Le tube, de verre, est rempli de tétrachlorure de carbone, surmonté lui-même de l'électrolyte (solution de NaCl à 0,04 %) en A et B. Le ruban de papier Durieux N.122, large de 1 cm, y est immergé. La différence de potentiel

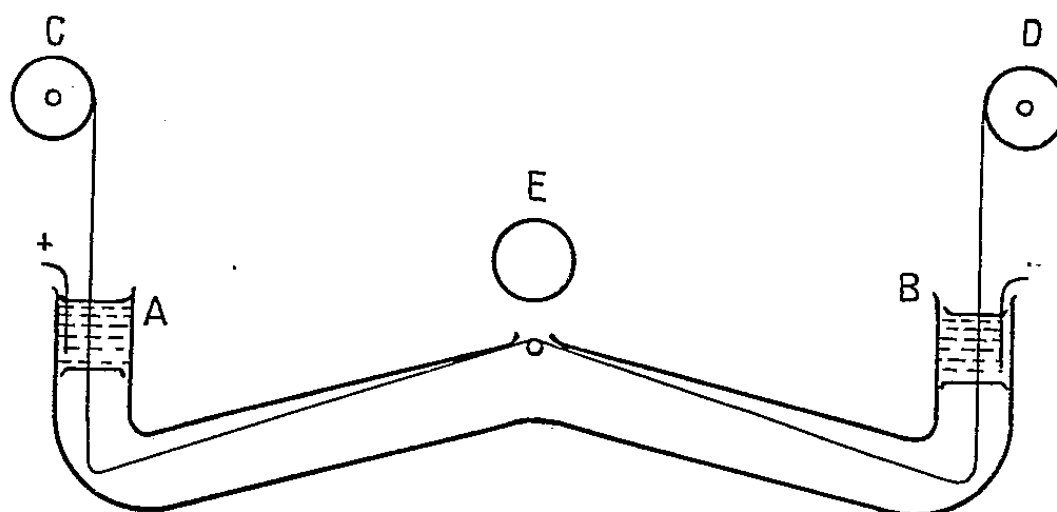


Fig. 1.

de 5 000 V est appliquée entre A et B sur une longueur de papier d'environ 40 cm. L'intensité du courant qui le traverse est dans ces conditions d'environ 1 mA à 20°. Le compteur de Geiger-Müller placé en E contrôle la migration des isotopes radioactifs; les tiges de verre C et D sur lesquelles est enroulé le ruban permettent de le déplacer facilement de la longueur voulue.

La distance parcourue durant une expérience de 1 h 45 mn a été de 280 cm, soit 2,7 cm/mn. Le papier est ensuite découpé en échantillons de 5 mm de longueur. La mesure de la décroissance de leur radioactivité

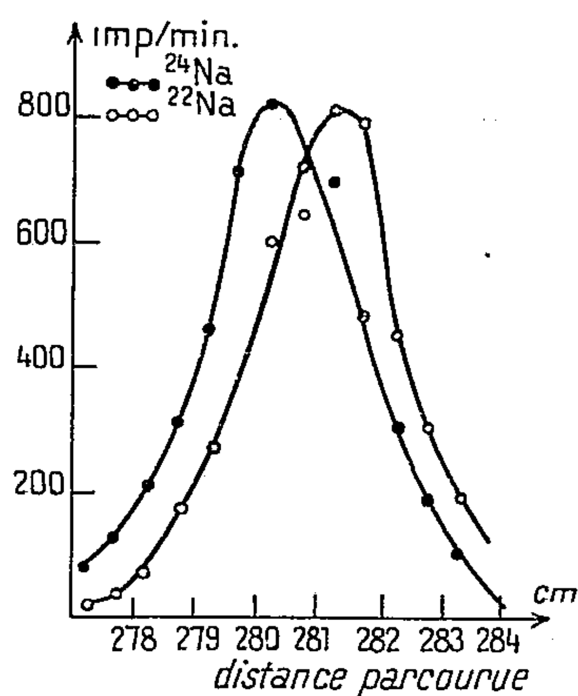


Fig. 2.

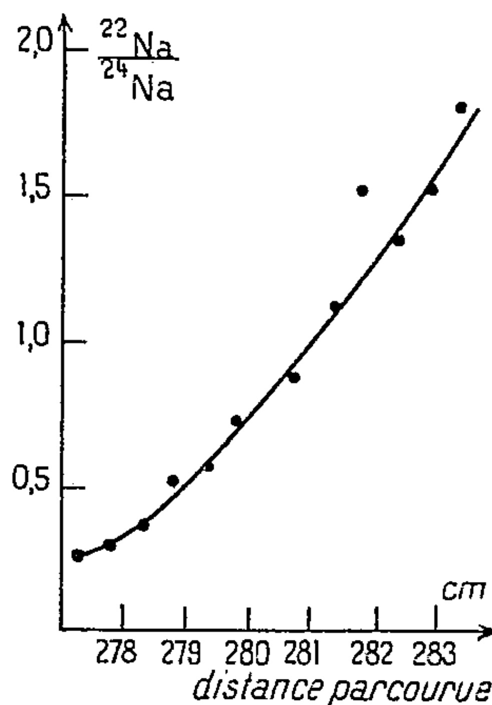


Fig. 3.

permet de déterminer les quantités de ^{22}Na et ^{24}Na présentes sur chacun d'eux à un instant choisi comme référence. La figure 2 montre les résultats obtenus. On voit que $^{22}Na^+$ migre plus rapidement que $^{24}Na^+$, les échan-

tillons portant respectivement les radioactivités maxima de ces deux isotopes étant distants de 1 cm. Sur la figure 3 sont indiqués les rapports $^{22}Na/^{24}Na$ relatifs aux divers échantillons, qui varient de 0,28 à 1,83 d'une extrémité à l'autre de la tache.

On peut déduire de ces résultats une différence relative de mobilité de l'ordre de 3/1000ᵉ. Le modèle usuel de la migration des ions faisant intervenir la formule de Stokes conduirait à une différence de rayon ionique du même ordre de grandeur. Il paraît difficile de l'admettre étant donné que la mécanique quantique assigne aux « rayons » des atomes d'hydrogène et de deutérium une différence relative de 1/2000ᵉ seulement. D'autre part, un modèle analogue à celui proposé par Darmois et Sutra [5] pour les ions $^{1}H^{+}$ et $^{2}H^{+}$ conduit à une mobilité inversement proportionnelle à la racine carrée de la masse. Il en résulterait une différence relative d'environ 50/1000ᵉ en considérant les ions Na^{+} non hydratés et 25/1000ᵉ pour les ions liés à une molécule d'eau, différence dans les deux cas très supérieure à celle observée. Nous pensons qu'un schéma semblable à celui appliqué par Darmois au proton et au deuton, pratiquement dépourvus de dimension, pourrait être étendu aux ions Na^{+}, bien que leurs dimensions soient proches de celles des molécules d'eau. La différence de mobilité observée, inférieure à la différence théorique, s'expliquerait par une hypothèse supplémentaire : par exemple, dans les chocs avec les molécules d'eau, la diminution de la composante moyenne de la vitesse dans la direction du champ serait plus petite pour l'isotope lourd que pour l'isotope léger. Un tel effet tendrait à rapprocher les mobilités des deux ions.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur le phosphate bicalcique anhydre.* Note de M. **André Boullé** et Mˡˡᵉ **Marcelle Dupont**, transmise par M. Paul Lebeau.

Le phosphate bicalcique anhydre est obtenu par chauffage du phosphate hydraté $PO_4HCa\,2H_2O$:

1° soit à $t > 100°$ dans un courant d'air humide mais nous avons constaté que dans ces conditions la perte de poids ne dépasse pas 19,6 à 19,8 % (perte théorique 20,9 %), l'eau restante ne s'élimine au cours d'un chauffage ultérieur qu'à $t > 220°$.

2° soit à $t > 75°$, dans l'eau ou mieux, pour éviter l'hydrolyse, dans une solution diluée de phosphate monocalcique avec laquelle le phosphate bicalcique hydraté est en équilibre.

Les résultats relatifs à la déshydratation de $PO_4HCa\,2H_2O$ déduits de l'examen des spectres X de poudres et des courbes de thermobalance ont été

(5) E. Darmois et G. Sutra, *Comptes rendus*, 222, 1946, p. 1286.

donnés dans une Note antérieure [1]. Nous les avons complétés par l'analyse thermogravimétrique sous vide de 10^{-2} mm constamment maintenu. L'enregistrement réalisé à l'aide d'une thermobalance système Eyraud [2] fournit des courbes analogues à celles relatives à un chauffage dans l'air (vitesse : 150°/h); l'eau est encore éliminée en deux étapes : 100-180°, 195-220° (perte à 220° : 19,8 %); au-delà de 220° la déshydratation se poursuit mais très lentement cependant que le phosphate anhydre commence à se décomposer en pyrophosphate. Les pertes de poids relatives à chacune des étapes varient avec le produit étudié suivant son mode de préparation ainsi que nous l'avons déjà signalé [1]. De plus l'eau dégagée à $100 < t < 180°$ disparaît à une température beaucoup plus basse $t \leq 95°$ lors de chauffages isothermes; il s'agit donc d'eau faiblement « liée »; il faut ensuite augmenter la température jusqu'à 190° pour obtenir (en quelques heures) le même taux de déshydratation 19,8 % que dans l'air à 220°; en prolongeant le chauffage, il apparaît aussi du pyrophosphate.

Ainsi il est difficile de préparer du phosphate anhydre pur *sauf* par mise en suspension de l'hydrate dans une solution de phosphate monocalcique à $t > 75°$; obtenu dans ces conditions, il se décompose seulement à 390° suivant la réaction



$$2PO_4HCa \rightarrow P_2O_7Ca_2 + H_2O,$$

la perte de poids correspondante est correcte : 6,7 % (théoriquement 6,66 %).

D'autre part l'examen microscopique des phosphates anhydres de diverses origines et l'examen de leurs spectres X révèlent :

1° que le chauffage en solution ou dans l'air humide fournit des produit (A) sous forme d'une poudre dense constituée de grains fins, d'aspect terne, très bien cristallisés;

2° que par chauffage dans l'air sec ou dans le vide la forme extérieure des beaux cristaux — en général nacrés — du sel hydraté est conservée mais non leur éclat. Ces produits (B) ont des diagrammes X présentant moins de raies et celles-ci sont moins nettes que dans le cas précédent.

Enfin nous avons étudié la réhydratation de ces différents phosphates anhydres après les avoir pulvérisés (tamis 350) puis disposés dans une atmosphère saturée d'humidité à 15°.

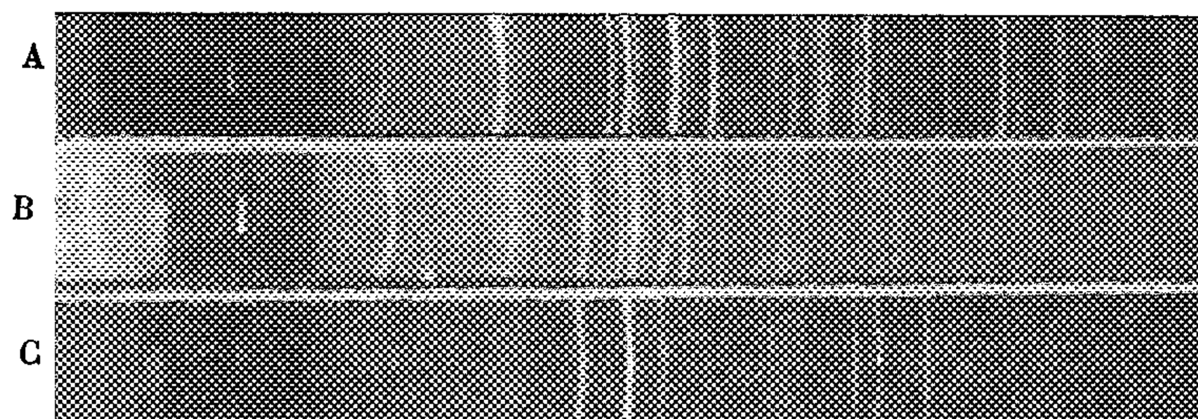
Dans tous les cas une reprise de poids est observée, elle est terminée après quelques jours; nous procédons alors à un séchage toujours à 15° sous vide phosphorique, conditions dans lesquelles le phosphate hydraté ne perd de l'eau que très lentement. Au cours de ce séchage, l'eau retenue en faible quantité par les produits A est éliminée rapidement; il ne s'agit donc que d'eau d'humidité. Au contraire les produits B, moins bien cristallisés, retiennent des quantités importantes d'eau variables avec leur finesse; une

---

(1) A. Boullé et Mlle M. Dupont, *Comptes rendus*, **240**, 1955, p. 860.

(2) M. Pâris et M. Merlin ont effectué ces enregistrements.

partie seulement reste fixée après séchage, en moyenne $0,66\,H_2O$ pour une molécule PO_4HCa. Il s'agit bien d'une réhydratation partielle à l'état $PO_4HCa\,2H_2O$, car les spectres X contiennent en plus des raies du phosphate anhydre, constituant principal du mélange, les raies les plus intenses du phosphate hydraté.



A. — Phosphate hydraté de départ.
B. — Phosphate déshydraté sous vide et réhydraté.
C. — Phosphate anhydre.

En résumé un seul mode de déshydratation de $PO_4HCa\,2H_2O$ permet de préparer du phosphate bicalcique anhydre pur; il est alors non réhydratable (état A). Le phosphate non totalement anhydre obtenu dans d'autres conditions est dans un état physique (B) différent qui permet une réhydratation partielle. Cette distinction est confirmée par action de l'eau sur les deux formes A et B suivie à 20° par des mesures de conductibilité et des dosages de P_2O_5; la forme B réhydratable est attaquée plus rapidement (17,6 mg P_2O_5 par litre au lieu de 9,1 mg pour la forme A, lorsque la conductibilité ne varie plus que très lentement).

Signalons enfin que certains des résultats précédents sont à rapprocher de ceux décrits pour le sulfate de calcium $SO_4Ca\,2H_2O$; la brushite $PO_4HCa\,2H_2O$ est en effet monoclinique et isomorphe du gypse.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Cinétique et équilibre de dissociation des ferrocyanures en solution aqueuse.* Note de M. **Guy Emschwiller** et Mlle **Jacqueline Legros**, présentée par M. Paul Pascal.

Les ferrocyanures subissent en solution aqueuse une dissociation en ferroaquopentacyanure et cyanure limitée par la réaction inverse, de telle sorte qu'on aboutit à des équilibres. Les constantes d'équilibre ont été trouvées en accord avec le rapport des constantes de vitesse des deux réactions. L'influence du pH conduit à penser que l'ion responsable de la dissociation n'est pas $Fe(CN)_6^{----}$, mais $Fe(CN)_6H^{---}$.

Le ferrocyanure de potassium subit en solution aqueuse une décomposition en ferroaquopentacyanure et cyanure, limitée par la réaction inverse de recombinaison des produits de la dissociation. La vitesse de la

réaction d'hydrolyse peut être suivie si l'on prend soin d'éviter toute recombinaison, soit par élimination du cyanure sous forme de gaz cyanhydrique, soit par transformation du ferroaquopentacyanure en complexe avec le nitrosobenzène (1). La décomposition du ferrocyanure en présence de nitrosobenzène apparaît très sensible à l'influence du pH et toute étude cinétique ne peut avoir de sens qu'en milieu tamponné (2).

Nous avons procédé à l'étude systématique de l'influence du pH dans le domaine de 2 à 8 environ. Les cinétiques ont été suivies, comme précédemment, par des dosages colorimétriques. Il a été confirmé que la réaction de production du complexe coloré en violet est bien d'ordre un par rapport au ferrocyanure, d'ordre zéro par rapport au nitrosobenzène. Les constantes de vitesse sont d'autant plus petites que le pH est plus grand, mais tendent vers une limite quand l'acidité va croissant, des valeurs sensiblement constantes étant atteintes pour les pH inférieurs à 4. Les pH pour lesquels les constantes de vitesse sont égales à la moitié de la valeur maximum limite sont de l'ordre de 5,7 à 5,8; pour les pH assez élevés, les constantes de vitesse sont divisées approximativement par 10 quand le pH croît d'une unité (3). Une telle influence du pH s'interprète de la façon la plus simple en tenant compte de la coexistence en solution des ions $Fe(CN)_6^{----}$ et $Fe(CN)_6H^{---}$ en équilibre acidobasique et en admettant que l'ion acide serait le seul responsable des décompositions observées.

Les valeurs trouvées pour les constantes de vitesse dépendent de la concentration même du ferrocyanure et ce résultat peut être relié à l'effet de sel si souvent observé en cinétique des réactions ioniques. Il est particulièrement important pour les solutions de ferrocyanure de concentration supérieure à 0,01 M, à ce point que la vitesse de réaction peut passer par un maximum quand la concentration va croissant, pour des molarités de l'ordre de 0,2 à 0,3. On trouve, par exemple, à 25°, en milieu tamponné au pH 6,8, pour les concentrations 0,4, 0,3, 0,2, 0,1, 0,05, 0,005 M, des constantes de vitesse respectivement égales à 4,7, 6,6, 9,1, 13, 17, 26.10^{-5} (en prenant comme unités la molécule-gramme et l'heure).

Les cinétiques ont été suivies à diverses températures comprises entre 15 et 40°. Les coefficients de température dépendent du pH et vont croissant des milieux les plus acides aux milieux les plus basiques. Les énergies

---

(1) G. Emschwiller, *Comptes rendus*, 236, 1953, p. 72. La seconde méthode a été utilisée indépendamment par S. Asperger, I. Murati et O. Cupahin, *J. Chem. Soc.*, 1953, p. 1041.

(2) Il a été mentionné déjà que la réaction est extrêmement lente au pH 9,9 à la température ordinaire [G. Emschwiller, *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 341, note (3)].

(3) Dans les milieux les plus acides, on peut se trouver gêné par une réaction de disparition du nitrosobenzène.

d'activation calculées sont de l'ordre de 27 kcal/mole dans les milieux de pH inférieur à 4, de l'ordre de 31 kcal/mole pour les pH supérieurs à 7. On peut penser que cet écart correspond à la quantité de chaleur nécessaire pour combiner les ions hydrogène et ferrocyanure. Dans les milieux les plus acides, en effet, il n'y aurait pratiquement que des ions $Fe(CN)_6H^{---}$, tandis que, dans les milieux suffisamment basiques, leur teneur serait inversement proportionnelle à la constante d'acidité, variable avec la température.

Des études d'équilibre nous ont permis de confirmer que les constantes de vitesse k, mesurées en présence de nitrosobenzène, correspondent bien à la réaction d'hydrolyse même. Nous avons antérieurement fait l'étude cinétique de la réaction inverse et déterminé les valeurs des constantes de vitesse k', qui dépendent fortement de la concentration du ferrocyanure nécessairement présent dans toutes nos expériences ([4]). Du fait de l'existence de la réaction inverse, la décomposition du ferrocyanure doit conduire à un équilibre si les produits de la dissociation sont maintenus dans la solution, dans la mesure où le ferroaquopentacyanure ne subit pas, à son tour, de décomposition. Nous avons reconnu qu'il était effectivement possible d'aboutir à de tels équilibres, susceptibles de se maintenir pendant des jours. Les concentrations d'équilibre du ferroaquopentacyanure ont été déterminées et nous en avons déduit les valeurs des constantes d'équilibre; elles dépendent en fait, à une température donnée, non seulement du pH, mais aussi des concentrations mêmes du ferrocyanure. Elles ont bien été trouvées approximativement égales au rapport k/k' des deux constantes de vitesse. Par exemple, pour une solution de ferrocyanure 0,2 M maintenue au pH 7,73 à 20°, la teneur d'équilibre du ferroaquopentacyanure a été trouvée comprise entre 3,0 et $3{,}2.10^{-5}$ M, correspondant à une constante d'équilibre de 0,45 à $0{,}51.10^{-8}$; or, nos études cinétiques ont conduit pour k et k' à des valeurs approximativement égales à $0{,}6.10^{-5}$ et 1200, soit un rapport de $0{,}5.10^{-8}$.

Au total, les résultats de nos études des équilibres de dissociation des solutions aqueuses de ferrocyanure sont venus corroborer ceux de nos études cinétiques.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la déshydratation de l'hydrargillite.*
Note (*) de M. **Pierre Chatelain**, présentée par M. Charles Mauguin.

Chauffée vers 230°, soit à l'air libre, soit dans le vide, l'hydrargillite $Al(OH)_3$ perd de l'eau; quand toute l'hydrargillite a disparu, il reste un

([4]) G. Emschwiller et J. Legros, *Comptes rendus*, **239**, 1954, p. 1491.

(*) Séance du 27 juin 1955.

produit de composition $AlO_3\,xH_2O$; les valeurs de x diffèrent avec les auteurs : Blanchin donne 0,5 [1], Charrier 0,62 [2] et je trouve 0,70.

Ce produit donne des diagrammes aux rayons X caractéristiques d'une boehmite tout à fait normale, de composition Al O OH (soit Al_2O_3 1 H_2O); la perfection de ces diagrammes a fait abandonner l'hypothèse initialement émise pour expliquer la valeur de x, d'une boehmite lacunaire; ce produit adsorbe à la température ordinaire jusqu'à 14 % de son poids d'eau, indiquant une structure poreuse très développée (d'où les nombreuses applications de ces alumines dites activées à la déshydratation, la catalyse, la chromatographie).

La même hydrargillite, chauffée en autoclave en présence d'eau à 230°, donne un produit Al_2O_3 1 H_2O qui est la boehmite normale et qui ne possède aucune des propriétés indiquées ci-dessus.

Pour interpréter ces résultats, la formation d'un mélange de boehmite et d'alumine anhydre a été envisagée [2], [3] et Blanchin indique que la diffraction des électrons montre une périodicité de 2,12 Å n'appartenant pas à la boehmite; mais ces auteurs déclarent que cette alumine n'est pas décelable aux rayons X.

J'ai pu, au contraire, par analyse aux rayons X de ce mélange, obtenir, en plus des anneaux très fins caractéristiques de la boehmite, des anneaux larges, peu intenses, mais nets, correspondant aux distances réticulaires moyennes de 4,8, 2,15 et 1,40 Å. L'anneau 2,15 est nettement visible car il se produit dans une zone où la boehmite ne donne rien (pose 3 h, rayonnement filtré $K\alpha$ du cuivre, intensité 16 mÅ); l'anneau 4,8 Å ne se voit nettement qu'en utilisant le rayonnement rigoureusement monochromatique fourni par une lame de quartz courbée (pose 10 h); quant à l'anneau 1,40 Å, qui se retrouve dans les diagrammes de toutes les alumines anhydres, étant très voisin des raies de la boehmite, il ne se voit distinctement qu'à condition de comparer ce diagramme à celui d'une boehmite obtenue en autoclave à partir de la même hydrargillite, et qui ne présente aucun des trois anneaux ci-dessus.

Il ne fait donc aucun doute que la déshydratation de l'hydrargillite, à l'air ou dans le vide, donne naissance à une nouvelle alumine mal cristallisée, caractérisée par les trois distances réticulaires ci-dessus; le mécanisme de la déshydratation est sans doute le suivant : l'hydrargillite donne directement cette alumine anhydre qui commence à se former à la surface des cristaux, donnant une croûte; tant que celle-ci est assez mince, la déshydratation se poursuit, l'eau pour s'échapper, perçant la croûte, la

---

(1) L. Blanchin, B. Imelik et M. Prettre, *Comptes rendus*, **233**, 1951, p. 1029.

(2) J. Charrier et D. Papée, *Comptes rendus*, **237**, 1953, p. 897.

(3) L. Blanchin, B. Imelik et M. Prettre, *Comptes rendus*, **236**, 1953, p. 1025.

rend poreuse; lorsque l'épaisseur est assez grande, la croûte maintient à l'intérieur de la cristallite des conditions de pression et de teneur en eau comparables à celles qui sont réalisées dans un autoclave; la boehmite se forme alors. L'épaisseur limite de cette croûte d'alumine dépend assez peu de la grosseur de la cristallite d'hydrargillite; plus celle-ci sera petite et plus la quantité de boehmite formée sera faible, d'où les valeurs variables de x et l'explication du fait signalé par Thibon (4) qu'une hydrargillite très finement cristallisée a fourni un produit sans boehmite.

Si à l'air libre, l'hydrargillite est portée à 420°, la déshydratation est totale; l'alumine obtenue est un mélange de l'alumine formée à 230° et de l'alumine résultant de la déshydratation à 420° de la boehmite d'origine secondaire; les diagrammes de rayons X comportent en effet les anneaux caractéristiques de ces deux alumines, leurs intensités relatives pouvant varier beaucoup, car la proportion d'alumine d'hydrargillite dépend de la grosseur des cristallites de départ et aussi de la rapidité avec laquelle elle a été portée à 420°; ce point de vue pourrait conduire à diminuer le nombre de variétés d'alumines anhydres.

Il faut signaler que l'ensemble de ces résultats et leur interprétation concordent en général avec les résultats obtenus à l'étranger (5).

CHROMATOGRAPHIE. — *Contribution à l'étude des colorants flavoniques chez certaines ampélidées*. Note de MM. **Pierre Dupuy** et **Jacques Puisais**, présentée par M. Paul Pascal.

Dans une précédente Communication (1) nous avions indiqué une méthode permettant l'extraction des colorants polyphénoliques végétaux de leur milieu naturel, basée sur la propriété que possèdent ces composés de former des laques avec l'acétate de plomb en milieu alcoolique; nous avons tout d'abord appliqué cette méthode à une étude des anthocyanosides que nous avons publiée précédemment (2).

Nous avons étendu l'utilisation de cette méthode à l'étude des composés polyphénoliques qui sont contenus dans les raisins « blancs », et qui sont constitués par des dérivés flavoniques. Après avoir été extraite la matière colorante a été étudiée par chromatographie sur papier suivant les méthodes mises au point par C. D. Douglas, S. H. Wender et T. B. Gage (3) qui

(4) H. Thibon, J. Charrier et R. Tertian, *Bull. Soc. Chim.*, 18, 1951, p. 384.

(5) M. K. B. Day et V. J. Hill, *Nature*, 170, 1952, p. 539 et *J. Phys. Chem.*, 57, 1953, p. 946.

(1) J. Amiel, P. Dupuy et M. Nortz, *Comptes rendus*, 240, 1955, p. 780.

(2) P. Dupuy et J. Puisais, *Comptes rendus*, 240, 1955, p. 1802.

(3) *Anal. Chem.*, 23, 1953, p. 1582.

comporte l'utilisation de différents solvants combinée avec l'emploi des différents révélateurs préconisés par ces auteurs, qui sont notamment :

— solutions alcooliques d'acétate normal de plomb;
— solutions alcooliques d'acétate basique de plomb;
— solutions alcooliques de chlorure d'aluminium;
— solutions alcooliques de chlorure ferrique;
— solutions aqueuses de carbonate de sodium;
— solutions de nitrate d'argent ammoniacal;
— réactif de Benedict.

Après avoir aspergé les chromatogrammes avec des différents révélateurs il est intéressant d'examiner les chromatogrammes en lumière visible, puis en lumière ultraviolette afin d'exploiter complètement les renseignements fournis par ces auteurs, dont les méthodes ont été remarquablement décrites et sur lesquelles nous ne reviendrons pas. Nous nous bornerons à résumer ici les résultats que nous avons obtenus.

On peut remarquer tout d'abord sur les chromatogrammes obtenus que les raisins, qu'ils soient « rouges » ou « blancs » ne contiennent pas d'aglycones des flavones ou des flavanones.

En ce qui concerne les colorants flavoniques, les fruits récoltés sur les différentes variétés ne présentent que de petites différences d'ordre quantitatif : toutes les variétés que nous avons pu examiner contenaient les mêmes composés, mais en quantités variables.

Les colorants flavoniques qu'on peut rencontrer dans les fruits des ampélidées sont les suivants :

— des quantités appréciables de *d*-catéchol et de *l*-épicatéchol ainsi que l'avait déjà démontré S. Dourschmidze (4);
— du quercetroside;
— des tannins et notamment du pyrocatéchol et du phloroglucinol;
— enfin des traces infimes de quelques autres colorants qui existent en trop petites quantités pour pouvoir être toujours identifiés avec certitude, parmi lesquels peuvent se trouver l'hespéridine et l'esculétine.

En même temps que les fruits, avaient été récoltées des feuilles dont les colorants ont été extraits par la même méthode pour être ensuite étudiés par chromatographie. Nous avons pu constater que les colorants énumérés ci-dessus se retrouvent dans les feuilles exactement comme dans les raisins, bien qu'en quantité notablement supérieure. La seule différence entre la feuille et le fruit est constituée par l'existence dans cette dernière de traces de deux aglycones : le quercetin et le kaempferol.

Mais cette analogie entre les feuilles et les fruits ne se confirme pas aussi facilement en ce qui concerne les espèces dont les fruits contiennent des

(4) *C. R. Acad. Sc. S. S. S. R.*, 73, n° 5, 1950, p. 987.

anthocyanosides. En effet les feuilles prélevées sur ces plantes au moment de la maturité de leurs fruits ne contenaient pas ces dérivés. Par contre, des feuilles prélevées sur des cépages teinturiers, dont les fruits sont particulièrement riches en matières colorantes, et seulement après une récolte totale des fruits, se sont montrées particulièrement riches en dérivés du cyanidol et du delphinidol, qui sont les plus couramment répandus chez les ampélidées.

Il semble donc bien que, en ce qui concerne la matière colorante, la feuille et le fruit de la vigne se conduisent de la même façon et il se peut qu'il y ait là un argument en faveur des théories foliaires.

PHYSIQUE DES MÉTAUX. — *Sur la désorganisation et la restauration à froid de cristaux d'aluminium soumis à des tractions faibles*. Note de MM. **Jules Caisso** et **Raymond Jacquesson**, présentée par M. Charles Mauguin.

Les perturbations apportées par une traction à la texture d'un monocristal d'aluminium sont étudiées par la méthode Guinier-Thénevin de focalisation à grande distance.

L'éprouvette de traction monocristalline est montée sur une micromachine spécialement construite pour lui permettre d'être soumise à une contrainte connue, tout en pouvant prendre une orientation quelconque de l'espace. Elle peut ainsi être amenée dans la position requise pour la focalisation par un système donné de plans réticulaires, sans qu'il soit nécessaire de la manipuler. Les allongements, quand ils restent petits sont mesurés par une jauge. Un état de l'éprouvette est donc caractérisé par la contrainte appliquée σ, l'allongement résultant ε et la désorientation produite δ. Celle-ci peut ainsi être rapportée au point correspondant de la courbe de traction $\varepsilon = f(\sigma)$. Le volume irradié est d'environ 80 mm^3 et les désorientations indiquées ultérieurement se rapportent à des particules contenues dans ce volume.

Les éprouvettes monocristallines (Al de 99,5 à 99,99 %) sont obtenues par la méthode de l'écrouissage critique. Celles qui présentent une polygonisation après le recuit final sont éliminées.

En général, une traction faible produit simultanément une désorganisation de l'édifice cristallin et sa restauration ou sa réorganisation plus ou moins parfaite. Selon les conditions expérimentales, l'un ou l'autre de ces processus inverses est prédominant. La restauration déclenchée par une déformation se poursuit avec le temps dans l'éprouvette laissée au repos, à la température ambiante.

La désorientation mesurée par la largeur des taches de focalisations commence à se manifester dès la mise en charge. Elle est déjà sensible et mesurable dès un allongement de l'ordre de 0,02 % pour des cristaux vierges. Ce faible allongement suffit d'ailleurs pour déclencher une restauration.

En fonction des allongements, l'action conjuguée des deux effets contraires peut être décrite ainsi :

$\varepsilon < 0,2\,\%$. — *a*. Si la désorganisation initiale du cristal est faible (inférieure à environ 3′) et si les contraintes de traction imposées restent inférieures à une certaine limite en étant appliquées lentement, la tache de focalisation obtenue après décharge est plus étroite que celle donnée par le cristal initial : cette réorganisation globale qui aboutit à un cristal plus parfait que celui dont on était parti ne se produit que si la texture a été légèrement perturbée par cette faible déformation. L'orientation du cristal par rapport à la direction de la contrainte ne semble pas avoir d'autre influence que de changer la valeur de la contrainte déclenchant la restauration. La valeur maxima de celle-ci pour que la réorganisation soit parfaite est de 300 g/mm^2 environ. D'autre part, le cristal ainsi restauré peut supporter des contraintes allant jusqu'à 800 g/mm^2 sans que la tache de focalisation s'élargisse à nouveau.

b. Lorsque la désorganisation initiale est supérieure à 3′ la restauration ne se manifeste pas avec une aussi grande netteté, les taches de focalisation conservant à peu près leur largeur initiale.

$\varepsilon < 1,5\,\%$. — Quand l'allongement augmente jusqu'à 1,5 % environ, la désorientation croît lentement à peu près proportionnellement à l'allongement. Les taches de focalisation s'élargissent sans trace de striation. Le cristal se divise en petites particules d'orientation variant de façon continue de part et d'autre de leur orientation initiale, l'écart maximum étant d'environ une vingtaine de minutes. La restauration, peu sensible à l'examen X si la mise en charge est rapide, existe néanmoins comme le montre la diminution de largeur des taches pendant les périodes de repos laissées à l'éprouvette. Elle se traduit par un fléchissement marqué de la courbe de traction après un allongement de 0,02 à 0,05 %.

$1,5\,\% < \varepsilon < 3,5\,\%$. — Au delà de cet allongement de 1,5 %, la désorientation croît beaucoup plus rapidement que dans la phase précédente. Les taches de focalisation se subdivisent en un certain nombre de taches secondaires parallèles dans lesquelles on peut distinguer une striation. Les microparticules formées dans la première phase ($\varepsilon < 1,5\,\%$) se sont rassemblées en blocs beaucoup plus volumineux faisant entre eux des angles de l'ordre de 15′. La désorientation entre les particules d'un même bloc est d'environ 6′. La réorganisation du cristal aboutit donc à une polygonisation.

$\varepsilon > 3,5\,\%$. — Les taches à bords nets données par les blocs polygonisés s'estompent, sans toutefois que la largeur totale de la tache croisse beaucoup avec ε. Il y a donc un nouveau démantèlement des microcristaux, sans modification notable des désorientations maxima.

Il est intéressant de remarquer que l'intervalle $1,5\,\% < \varepsilon < 3,5\,\%$ pendant lequel se manifeste une polygonisation correspond assez bien à celui où se place le point de transition des courbes de traction de l'aluminium trouvé par

MM. B. Jaoul et Ch. Crussard (1). De plus, le fléchissement de la courbe de traction pour $\varepsilon = 0{,}02$ avait été prévu par Mott d'après la théorie des dislocations (2). L'hypothèse d'une réorganisation cristalline déclenchée par une déformation faible avait été faite par l'un de nous pour expliquer une diminution spontanée de la capacité d'amortissement de fils de torsion momentanément surchargés (3).

CHIMIE THÉORIQUE. — *Étude théorique et expérimentale des spectres d'absorption dans l'ultraviolet de quelques dérivés méthylés des benzacridines angulaires.* Note (*) de Mlle **Andrée Cheutin**, MM. **N. P. Buu-Hoï**, **Odilon Chalvet**, **Raymond Daudel**, Mmes **Monique Pages**, **Monique Roux** et M. **René Royer**, présentée par M. Louis de Broglie.

Pacault à déjà déterminé les spectres ultraviolets de quelques dérivés des benzacridines à température ordinaire (1). Nous avons complété cette étude en travaillant sur de nouveaux dérivés que nous avons soumis à une purification poussée en les chromatographiant jusqu'à obtention de spectres constants.

Substances.	K.	I'.	H.	G.	D.
1.2-benzanthracène	3 845	3 655	3 410	3 275	2 870
5.6-benzacridine	3 835	3 640	3 465	3 350	2 760
2-méthyl-5.6 benzacridine	3 840	3 650	3 475	3 350	2 790
10-méthyl-5.6 benzacridine	3 870	3 670	3 500	–	2 775
1.10-diméthyl-5.6 benzacridine	(3 850)	(3 673)	(3 511)	(3 375)	–
2.10-diméthyl-5.6 benzacridine	3 865	3 665	3 500	–	2 785
	(3 876)	(3 680)	(3 511)	–	–
1.3.10-triméthyl-5.6 benzacridine	(3 900)	(3 708)	(3 535)	–	–
7.8-benzacridine	3 870	3 680	3 495	3 345	2 770
2-méthyl-7.8 benzacridine	3 875	3 675	3 500	3 335	2 750
4-méthyl-7.8 benzacridine	3 850	3 655	3 485	–	2 765
10-méthyl-7.8 benzacridine	(3 846)	(3 655)	(3 490)	(3 350)	–
1.10-diméthyl-7.8 benzacridine	(3 850)	(3 660)	(3 494)	(3 378)	–
2.10-diméthyl-7.8 benzacridine	3 890	3 685	3 500	3 365	2 785
3.10-diméthyl-7.8 benzacridine	3 860	3 660	3 485	3 350	2 790
	(3 853)	(3 674)	(3 516)	(3 375)	–
1.3.10-triméthyl-7.8 benzacridine	(3 850)	(3 660)	(3 494)	(3 379)	–
1.3.4.10-tétraméthyl-7.8 benzacridine	(3 917)	(3 702)	(3 545)	(3 375)	–

Nous avons donner dans le tableau ci-dessus les longueurs d'onde des bandes

(1) *Revue de Métallurgie*, 47, n° 8, 1950, p. 589.
(2) N. F. Mott, *Phil. Mag.*, 44, 1953, p. 354 et 742.
(3) R. Jacquesson, *Comptes rendus*, 205, 1937, p. 357.

(*) Séance du 27 juin 1955.
(1) *Bull. Soc. Chim.*, 1940, p. 1270.

de vibration les plus caractéristiques (les valeurs de Pacault sont placées entre parenthèses). Nous nous sommes efforcés d'utiliser une notation rappelant celle proposée par Jones dans le cas du 1.2-benzanthracène ([2]), quoique les spectres des benzacridines soient notablement différents de celui du benzanthracène. Nous avons noté D la bande la plus intense correspondant à la « seconde » transition électronique. Avec une telle définition elle ne coïncide pas avec celle de plus grande longueur d'onde de ce système de bandes comme dans le cas des dérivés méthylés du benzanthracène.

On observe que l'azote produit un effet bathochrome plus marqué dans les dérivés de la 7.8-benzacridine que dans ceux de la 5.6 (excepté pour la bande G), et que contrairement à ce qui se passe dans le cas du 1.2-benzanthracène où l'effet du méthyle est constamment bathochrome, il est ici soit bathochrome, soit hypsochrome.

La théorie des orbitales moléculaires interprète qualitativement ces faits. On a, en effet, obtenu toutes les données nécessaires à l'étude théorique de ce problème au cours de calculs effectués récemment grâce à la calculatrice électronique du National Physical Laboratory de Teddington ([3]). Les énergies ainsi évaluées pour la première transition électronique sont bien, comme attendu, plus faibles pour les dérivés 7.8 que pour les dérivés 5.6. Ces énergies correspondent bien aussi à des effets tantôt bathochromes (B) et tantôt hypsochromes (H) pour le groupe méthyle.

Mais quand on discute le problème en détail on trouve de graves divergences entre théorie et expérience comme le montre le tableau suivant qui compare les effets observés avec ceux prévus en fonction des calculs précités, à partir de diverses théories.

	Effet des méthyles			
		Théories		
Substances.	Expérience.	1.	2.	3.
2-méthyl-7.8 benzacridine	Effet nul	B	H	H
4-méthyl-7.8 benzacridine	H	B	H	H
1.10-diméthyl-7.8 benzacridine	H	B	H	-
2.10-diméthyl-7.8 benzacridine	B	H	H	H
3.10-diméthyl-7.8 benzacridine	H	H	H	-
2-méthyl-5.6 benzacridine	B	H	H	H
10-méthyl-5.6 benzacridine	B	H	H	H
2.10-diméthyl-5.6 benzacridine	B	H	H	H

1. Calcul direct de l'énergie de transition par la méthode des combinaisons linéaires d'orbitales atomiques.
2. Emploi de la méthode de perturbation de Coulson ([4]).
3. Application de la règle de Brown ([5]).

([2]) *J. Amer. Chem. Soc.*, 62, 1940, p. 148.
([3]) CHALVET, DAUDEL, PAGÈS, ROUX, BUU-HOÏ et ROYER, *J. Chim. Phys.*, 51, 1954, p. 548.
([4]) *Proc. Roy. Soc.*, 65, 1952, p. 933.
([5]) *Nature*, 169, 1952, p. 286.

Pour analyser l'origine de ces difficultés, nous étudions les spectres des mêmes dérivés à basse température et reprenons les calculs théoriques avec de nouveaux paramètres pour représenter le méthyle et l'azote et en tenant compte des intégrales de recouvrement que nous avions jusqu'alors négligées. Notons encore qu'il n'est pas facile de généraliser ici la règle de Jones [2] concernant la relation entre spectre et propriété cancérogène. La bande que l'on peut considérer ici comme l'analogue de la bande D présente sensiblement la même longueur d'onde dans les spectres des dérivés 7.8 (très cancérogènes) et des dérivés 5.6 (peu cancérogènes), et même parmi les dérivés 5.6 on rencontre un corps cancérogène (2.10 diméthyl-5.6 benzacridine) pour lequel l'effet du méthyle sur la bande D est le même que pour un corps non cancérogène (2 méthyl-5.6 benzacridine). Nous confirmons ainsi une observation de Pacault [4].

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Spectrophotométrie directe sur papier des taches de cobalt et de cuivre chromatographiées.* Note (*) de Mlles **Alice Lacourt** et **Paula Heyndryckx**, présentée par M. Marcel Delépine.

La spectrophotométrie directe des taches chromatographiées sur papier est une méthode de dosage rapide et reproductible à moins de 0,5 % près au Beckman. Elle a lieu à une longueur d'onde donnée et est réalisable quelle que soit la position de la tache dans le chromatogramme.

La chromatographie quantitative sur papier a des chances de s'imposer comme microméthode analytique à cause de son pouvoir de pénétration et de sa rapidité. En vue d'accélérer le travail, une Note publiée ici [1] relate la *titration directe* des taches de *vanadium* et de *molybdène* à ± 3 à 4 % près. Par la suite, le titrage sur papier du *cobalt*, du *cuivre* [2], du *nickel*, des *chlorures* ont été étudiés.

La photométrie directe en lumière blanche a jusqu'ici été appliquée aux taches chromatographiées de *vanadium* [3] révélées à l'oxine, de *phosphore* [4], de *cobalt* et de *cuivre* [2]. Dans l'opacité finale du complexe dosé, il faut tenir compte de l'opacité du papier déterminée millimètre par millimètre, ce qui n'est pratique que pour des taches ayant peu migré [5].

(*) Séance du 20 juin 1955.

(1) A. Lacourt et coll., *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 2365.

(2) A. Lacourt et P. Heyndryckx, *Microchimica Acta*, 1, 1955, p. 62.

(3) A. Lacourt, *Mikrochimica Acta*, 1955 (sous presse).

(4) A. Lacourt et coll. (sous presse).

(5) S. Verbeustel, *Mémoire de Licence en Chimie*, Faculté des Sciences, Université de Bruxelles, 1955.

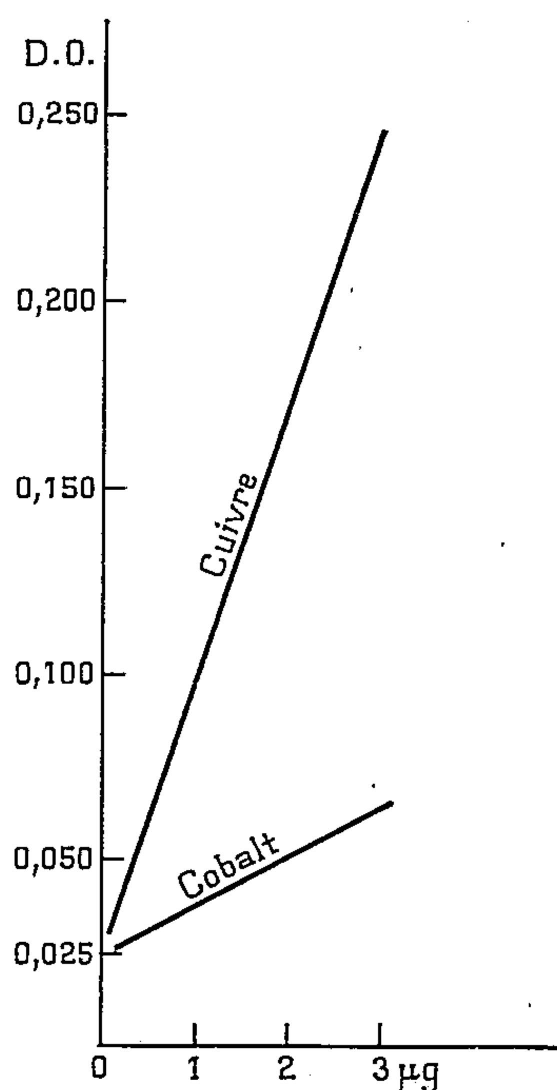
La spectrophotométrie directe sur papier des taches révélées après chromatographie a une portée plus générale et plus pratique.

D'abord elle est réalisable à une longueur d'onde donnée comme si l'on opérait en solution.

Des courbes d'absorption du complexe et du réactif, on déduit cette longueur d'onde dans la région où ces deux courbes se différencient le plus.

Les révélateurs organiques et les complexes auxquels ils donnent lieu ont une telle insolubilité dans l'eau, qu'un papier qui en est chargé ne communique pratiquement aucune coloration à ce solvant. Les mesures peuvent dès lors se faire en glissant la bandelette de papier portant la tache à mesurer dans la cuvette habituelle de 1 cm entre sa paroi et celle d'un prisme en verre, calibré. Quelques gouttes d'eau facilitent cette introduction et l'élimination des bulles d'air. Les densités optiques des papiers vaporisés à l'α-nitroso β-naphtol ou à l'acide rubéanique sont si reproductibles que l'appareil peut être mis au zéro sur ceux-ci et que la densité optique de la tache révélée se mesure directement par rapport à ce zéro. Il n'y a donc plus à mesurer des blancs et, de ce fait, la position de la tache dans le chromatogramme importe peu.

Les diagramme des référence du *cobalt* et du *cuivre* ont été dressés de 0,1 à 3 μg et le contrôle des concentrations dans ces limites peut se faire à moins de 0,5 % près.



Spectrophotométrie directe sur papier du cobalt et du cuivre chromatographiés.

Blanc papier chromatographié.	Blanc papier chromatographié vaporisé.	Moyenne corrigée complexe chromatographié.	Moyenne corrigée complexe non chromatographié.
Densité optique de 3 μg de cobalt révélé à l'α-nitroso-β-naphtol.			
$\lambda = 850$ mμ, F = 0,040 mm.			
0,125	0,130 (0,130)	0,064 (0,064) 0,063	0,050 (0,051) 0,050
–	0,130 (0,129)	0,065 (0,066) 0,065	0,049 (0,050) 0,041
–	0,130 (0,130)	–	–
–	0,130	–	–
–	M/24 (0,1297)	M/18 (0,064 ± 0,47 %)	M/18 (0,050 ± 0,39 %)
Densité optique de 3 μg de cuivre révélé à l'acide rubéanique.			
$\lambda = 660$ mμ, F = 0,095 mm.			
–	0,010 (0,011) 0,010	0,245 (0,246) 0,246 (0,247)	–
–	0,011 (0,011) 0,010	0,246 (0,245) 0,245 (0,245)	0,239 (0,238) 0,239
–	0,009 (0,010) 0,010	0,246 (0,245) 0,244 (0,245)	0,240 (0,239) 0,239
–	M/18 (0,0103)	0,246 (0,244) 0,245 (0,245) 0,245	–
–	–	0,246 (M/18) 0,2453 ± 0,09 %	M/18 (0,239 ± 0,5 %)

CHIMIE MINÉRALE. — *Préparation directe du bromure de césium à partir du pollux.* Note de MM. **Georges Thomas** et **Ralph Setton**, présentée par M. Louis Hackspill.

En traitant le pollux par l'acide bromhydrique aqueux, on obtient une solution de bromure de césium qui, traitée par une solution bromhydrique de bromure d'antimoine, fournit le bromoantimonite de césium $3CsBr.2SbBr_3$. Celui-ci, par chauffage sous vide, perd son bromure d'antimoine et donne du bromure de césium suffisamment pur pour la spectroscopie dans l'infrarouge.

La transparence du bromure de césium dans l'infrarouge en fait une matière de choix pour la construction d'accessoires optiques de spectroscopie. Les méthodes de préparation de CsBr font couramment appel au carbonate, malaisé à préparer et à purifier. La méthode exposée ici permet d'obtenir plus facilement le bromure avec de bons rendements à partir du pollux $H_2Cs_4Al_4(SiO_3)_9$.

L'un de nous [1] a déjà proposé une méthode de préparation du chlorure de césium à partir du pollux. C'est cette méthode qui, modifiée et simplifiée, a été utilisée pour la préparation du bromure.

Le pollux [2] très finement broyé (particules de 10 μ environ) est attaqué à douce ébullition pendant 6-7 h par une solution commerciale d'acide

---

(1) G. Thomas, *Ann. Chim.*, 6, 1951, p. 369-373.

(2) Le minerai de pollux a été fourni par M. Sven Wallden, directeur de recherches au Bolidens Gruvaktiebolag, Suède.

bromhydrique à 40 %, $d = 1,38$. Pour 1000 g de minerai, dont la teneur en césium est de 30 % environ, on prend 3 l de la solution d'acide. La silice est ensuite séparée, puis la solution des bromures est traitée par une solution presque saturée de bromure d'antimoine $SbBr_3$ dans HBr à 20 % environ. Il se forme un précipité verdâtre très dense de bromoantimonite de césium $3CsBr.2SbBr_3$ qui est séparé par filtration. Ce produit brut contient comme principale impureté un peu de bromure de fer. Le rendement, à ce stade, est d'environ 80-85 %.

Le bromoantimonite ainsi obtenu est soumis à deux recristallisations successives dans HBr aqueux à 10 %. Il est nécessaire d'opérer en milieu acide pour éviter l'hydrolyse du produit avec formation d'oxybromure d'antimoine. La solubilité du bromoantimonite de césium dans ce milieu est de l'ordre de 2,5 % à 100° C, et de 0,2 % à 20° C. Le recyclage rationnel des eaux mères de cristallisation permet d'éviter les pertes à ce stade. Le produit ainsi obtenu se présente en fines paillettes hexagonales jaune d'or.

Le bromoantimonite de césium pur et sec est ensuite chauffé à 450-480° C sous une pression de 0,1 mm Hg. Il se décompose sans fondre, le bromure d'antimoine se sublimant et laissant un bromure de césium ne renfermant plus que des traces de bromure d'antimoine. Celles-ci sont éliminées par une dernière fusion à la pression atmosphérique. Le rendement final, calculé par rapport au césium du pollux mis en œuvre, est proche de 80 %.

Par des lavages répétés à l'eau de la silice séparée au premier stade, on peut encore récupérer une certaine quantité de bromure de césium auquel on fait subir le même traitement.

Le spectre d'absorption dans l'infrarouge du bromure de césium ainsi préparé ne présente qu'une très légère absorption aux environs de 500 cm^{-1}.

Cette méthode, dont les détails opératoires seront publiés par ailleurs, permet donc d'obtenir un bromure de césium pour usage spectroscopique à partir du pollux avec un minimum d'opérations, les éléments gênants, spécialement les autres métaux alcalins et l'aluminium, étant séparés dès la première précipitation grâce à la spécificité de la réaction avec le bromure d'antimoine.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la dissociation des acides ortho-toluiques méta substitués.* Note (*) de M. **Daniel Peltier**, présentée par M. Marcel Delépine.

L'auteur détermine la constante de dissociation thermodynamique à 20° C, de divers acides méthyl-2 benzoïques, substitués en position — 3 ou — 5 par différents groupements. Les résultats mettent en évidence des différences marquées entre les deux positions méta.

(*) Séance du 27 juin 1955.

Les déterminations ci-dessous ont été faites, à la température de 20° C, par titrage électrométrique, en solution hydroalcoolique, à 1 % d'alcool en volume; suivant la solubilité de l'acide envisagé, les concentrations étaient M/1 000 ou M/2 000. Les résultats représentent la moyenne arithmétique de huit mesures; leur précision est estimée à 0,02-0,05 unité pK, les résultats les meilleurs étant obtenus pour les acides les plus faibles.

On trouvera, dans des Notes antérieures ([1]), les modes de préparation de ces divers acides.

	F(°C).	pK.	$K.10^5$.
Acide méthyl-2 benzoïque	104	3,98	10,5(*)
Acide nitro-3 méthyl-2 benzoïque	184	2,98	105
» nitro-5 » »	179	3,23	58,9
Acide cyano-3 méthyl-2 benzoïque	209	3,16	69,2
» cyano-5 » »	149	3,31	49,0
Acide chloro-3 méthyl-2 benzoïque	163	3,43	37,2
» chloro-5 » »	173	3,63	23,4
Acide bromo-3 méthyl-2 benzoïque	153	3,36	43,7
» bromo-5 » »	170	3,58	26,3
Acide iodo-3 méthyl-2 benzoïque	124	3,26	55,0
» iodo-5 » »	180	3,62	24,0
Acide hydroxy-3 méthyl-2 benzoïque	143	3,83(**)	14,8
» hydroxy-5 » »	185	3,92	12,0
Acide méthoxy-3 méthyl-2 benzoïque	145	3,72	19,1
» méthoxy-5 » »	147	3,84	14,5
Acide éthoxy-3 méthyl-2 benzoïque	125	3,73	18,6
» éthoxy-5 » »	95	3,86	13,8
Acide amino-3 méthyl-2 benzoïque	187	3,94(***)	11,5
» amino-5 » »	196	4,16	6,92
Acide acétamino-3 méthyl-2 benzoïque	213	3,55	28,2
» acétamino-5 » »	223	3,82	15,1

(*) Dippy ([2]) donne, dans l'eau pure à 25° C, $K.10^5 = 12,3$.

(**) Nous avons vérifié, sur les esters hydroxy correspondants, que la dissociation des groupes OH était négligeable.

(***) Il a été tenu compte des ions $^+NH_3ArCO_2H$ et $NH_3ArCO_2^-$; la constante K indiquée représente la dissociation de l'acide, sous l'influence du groupe NH_2 supposé invariable.

L'étude quantitative de nos résultats permet de mettre en évidence les points suivants :

a. Les acides de la série 5 sont tous plus forts que leurs homologues benzoïques ([2]), et l'action du substituant-5 et de CH_3-2 est additive ([3]). En effet, si l'on applique l'équation de Hammett, $\log K_X - \log K_H = \sigma\rho$, aux acides orthotoluiques, on trouve les mêmes σ que pour les acides benzoïques, avec ρ très voisin de 1.

([1]) D. Peltier, *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 2430.

([2]) Dippy et Page, *J. Chem. Soc.*, 1938, p. 358; Dippy et Lewis, *ibid.*, 1936, p. 644.

([3]) Roberts et Yancey, *J. Amer. Chem. Soc.*, 73, 1951, p. 1011.

b. Les acides de la série 3 se rangent très sensiblement dans le même ordre de force décroissante que ceux de la série 5. Cependant les acides de la série 3 sont toujours plus forts que leurs isomères 5 et il n'y a pas additivité du substituant-3 et de CH_3-2; l'écart à l'additivité, mesuré par $pK_5 - pK_3$, est, en majeure partie du moins, fonction de l'encombrement stérique du substituant ([4]).

Nous publierons prochainement nos résultats pour les acides orthotoluiques substitués, par les mêmes groupements, en position 4 ou 6.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Remarques sur l'absorption des dérivés du diphényle dans l'ultraviolet moyen et le visible*. Note de M. **Panos Grammaticakis**, présentée par M. Marcel Delépine.

Des recherches systématiques sur les effets spectraux de phénylation et de phénylénation des chromophores aromatiques et aromatoïdes ([1]) m'ont conduit à étudier l'absorption, dans l'ultraviolet moyen et le visible, des dérivés du diphényle de forme : $C_6H_5.C_6H_4.Y$—*o, m, p* [où $Y=C_6H_5$, $(CH=CH)_n$, H, COR(R=H, OH, alcoyle, aryle) et ses dérivés, NO_2, NH_2 et ses dérivés, N : N.R′(R′=R, acidyle)].

La présente Note contient les principaux résultats de ces recherches dans le cas où $Y=Y'=C_6H_5$, NO_2, NH_2, $NH.CO.CH_3$ et $NH.CO.C_6H_5$.

Les figures I, II, III, IV et V contiennent respectivement les courbes d'absorption des solutions dans l'alcool à 95 % de : triphényle (I) nitrodiphényle (II), aminodiphényle (III), N-acétyl-aminodiphényle (IV) et N-benzoyl-aminodiphényle (V). J'ai désigné dans ces figures les courbes des isomères ortho, méta et para respectivement par les n°s 1, 2 et 3. Sur la figure I j'ai donné, en plus, les courbes du diphényle (courbe 4) et du stilbène (courbe 5).

La comparaison de ces courbes avec celles des composés benzéniques correspondants données précédemment ([2]), montre que :

1° le remplacement d'un hydrogène en diverses positions *o*, *m* et *p* du diphényle par un groupement Y′ produit des modifications spectrales qui sont, très souvent, analogues à celles observées pour le même remplacement effectué sur d'autres dérivés benzéniques monosubstitués;

2° l'effet spectral de l'*o*-, *m*-et *p*-phénylation des composés $C_6H_5.Y'$ croît, en général, suivant l'ordre : $o < m < p$ (effet spectral ortho anomal), en accord avec ce qu'on observe pour l'effet des mêmes substitutions effectuées sur les autres dérivés benzéniques étudiés $C_6H_5.Y$.

3° la substitution, dans le *p*-diphénylbenzène, du vinyle au phénylène se

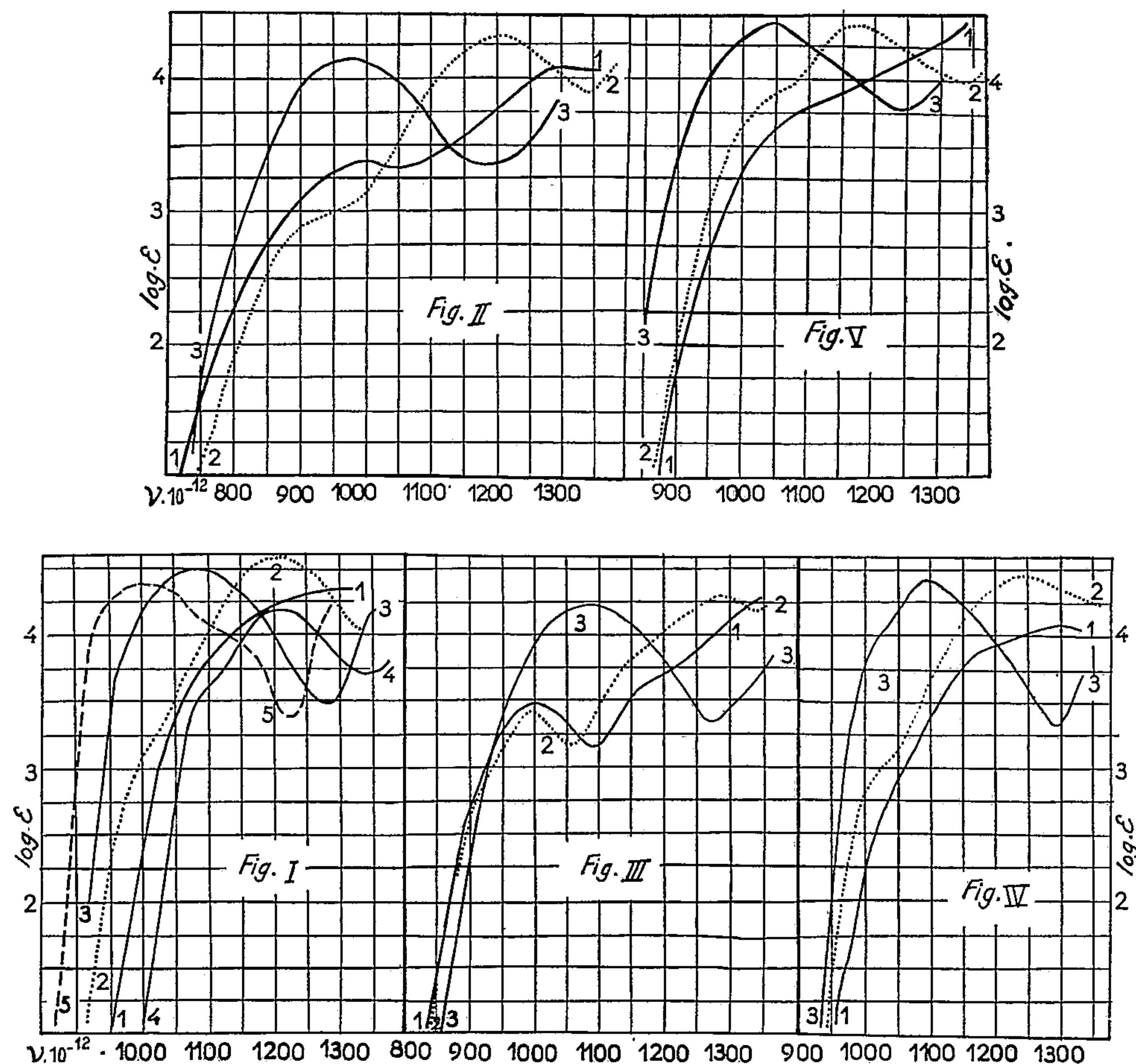
---

([4]) Tirouflet, *Bull. Soc. Chim.*, 1954, p. 771.

([1]) *Bull. Soc. Chim.*, [5], 15, 1948, p. 979.

([2]) P. Grammaticakis, *Bull. Soc. Chim.*, [5], 18, 1951, p. 221.

traduit par un déplacement spectral vers le visible, contrairement à l'hypothèse utilisée par certaines théories d'absorption des composés organiques.



Enfin, il est à noter que l'effet spectral de la méthylation, de la vinylation (³) de la divinylation (ou de l'α-furylation) du noyau des composés étudiés $C_6H_5.Y$ croît, très souvent, en ce qui concerne les fréquences des principaux maxima A, suivant l'ordre : méthylation < phénylation < vinylation < divinylation (ou α-furylation) et, en ce qui concerne les intensités de la plupart des bandes principales, selon l'ordre ; méthylation < vinylation < phénylation < divinylation (ou α-furylation). On peut rapprocher ces relations spectrales de celles observées entre les effets des mêmes substitutions effectuées sur le méthylène des différents dérivés azotés du formaldéhyde (⁴).

(³) PESTEMER et MANCHER, *Monatsh Chem.*, 68, 1936, p. 326 et recherches inédites.

(⁴) P. GRAMMATICAKIS, *Bull. Soc. Chim.*, [5], 15, 1948, p. 973; 16, 1949, p. 504; 17, 1950, p. 690; 18, 1951, p. 965; 19, 1952, p. 447; 20, 1953, p, 821; 21, 1954, p. 1372, 1381 et 1391; 22, 1955, p. 659.

Bref, l'effet spectral de la phénylation du noyau des composés $C_6H_5.Y'$ (et des composés $C_6H_5.Y$ en général) est plus faible que l'effet de la divinylation (ou de l'α-furylation) et, dans une certaine mesure, inférieur ou faiblement inférieur de l'effet spectral de la vinylation.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la réactivité du caoutchouc sous l'effet d'actions mécaniques*. Note de MM **Jean Le Bras**, **Patrice Compagnon** et **André Delalande** (1), présentée par M. Charles Dufraisse.

On sait que le caoutchouc est sujet au phénomène d'autoxydation : l'oxygène réagit lentement sur lui à la température ordinaire en entraînant une dégradation de la molécule. L'élévation de la température accélère la réaction, de même que divers autres effets, par exemple celui de la lumière sur les dissolutions. Mais il est une autre cause qui augmente de façon surprenante la réactivité du caoutchouc : c'est le malaxage. Cette opération consiste à faire passer le caoutchouc entre deux cylindres tournant en sens inverses ; elle se traduit par une plastification de la masse et un accroissement de la solubilité dans les solvants, correspondant à une diminution de la grandeur moléculaire. On est resté longtemps sans soupçonner le rôle joué par l'oxygène dans cette modification et ce n'est qu'en 1931 que les expériences de F. H. Cotton (2) ont démontré que ce malaxage restait pratiquement inopérant s'il était effectué en atmosphère inerte. Toutefois, s'il est bien établi que l'oxygène intervient par l'intermédiaire de peroxydes (3), la cause même de la soudaine réactivité qui se manifeste ainsi n'est pas élucidée.

Aussi n'était-il pas sans intérêt de rapprocher de ce phénomène un autre type de réaction qui, comme la plastification, se produit également sous l'effet du malaxage; la combinaison au caoutchouc de l'anhydride maléique et de nombreux autres composés non saturés (4); mais, contrairement à ce qui est observé pour la plastification, le produit résultant est moins plastique et moins soluble que le caoutchouc initial. Bien qu'opposées par leurs manifestations extérieures, les deux réactions considérées sont très voisines par les facteurs qui les déterminent : déclenchées par le même effet mécanique, elles ne sont caractéristiques qu'à des températures inférieures à 60° C environ.

Un premier point à élucider était le rôle de l'oxygène : indispensable pour la plastification, intervient-il aussi, obligatoirement, dans le processus de la combinaison de l'anhydride maléique ? En vue de tenter de donner une réponse

---

(1) Document retiré du pli cacheté n° 12 070, déposé le 11 juin 1945, ouvert à la demande des auteurs le 27 juin 1955.

(2) *Trans. I. R. I.*, 6, 1931, p. 487.

(3) W. F. Busse, *Ind. Eng. Chem.*, 24, 1932, p. 140.

(4) P. Compagnon et J. Le Bras, *Comptes rendus*, 212, 1941, p. 616.

à cette question, nous avons donc cherché à réaliser l'opération en atmosphère de gaz inerte. Le malaxeur a été enfermé dans un caisson muni d'un voyant, permettant de suivre les phases de la réaction, et d'un manchon en caoutchouc qui, serré sur le poignet de l'opérateur, lui donne la possibilité de placer sur les cylindres le caoutchouc et l'anhydride maléique. Par une succession de vidanges partielles et de remplissages d'azote, on a pu réaliser une atmosphère ne contenant plus que quelques pour-cent d'oxygène (5 % au maximum), mais sans qu'il nous ait été possible d'obtenir une élimination totale de ce gaz. Ces conditions opératoires étaient toutefois suffisantes pour constater une diminution marquée de la vitesse de plastification avec l'appauvrissement de l'atmosphère en oxygène; la mesure de la plasticité effectuée avec l'appareil Hoekstra a donné un écrasement de 84 % après malaxage de 15 mn dans l'air et de 20 % seulement pour une même durée de travail en atmosphère appauvrie. Au contraire, on n'a observé aucun ralentissement des caractères qui accompagnent la réaction de l'anhydride maléique ([5]). En conséquence, *si l'on ne peut dire de façon formelle que l'oxygène n'intervient pas dans le phénomène, on peut du moins affirmer que ce dernier n'est pas entravé par un abaissement substantiel du taux d'oxygène.*

Il faut noter, par ailleurs, que de nombreux produits se comportent comme inhibiteurs vis-à-vis de cette action de l'anhydride maléique, certains d'entre eux étant connus pour leurs propriétés antioxygènes. Il ne semble pas, toutefois, que cela soit significatif d'une intervention de l'oxygène puisque l'on sait par exemple que, en l'absence de cet élément, la benzoquinone inhibe la polymérisation du styrolène ou l'hydroquinone celle de l'acroléine ([6]).

On se trouve donc conduit à admettre que le malaxage provoque une activation des molécules de caoutchouc; celles-ci peuvent alors se combiner soit avec l'oxygène, en donnant des peroxydes qui entraînent la plastification, soit avec d'autres réactifs, tel l'anhydride maléique. En quels points de la molécule a lieu cette activation? Quels sont exactement les facteurs qui la provoquent?

En ce qui concerne la première de ces questions, il n'est pas évident que ce soit nécessairement la double liaison, des travaux récents ayant fait ressortir chez les corps éthyléniques la réactivité particulière du carbone α-méthylénique ([7]). Mais on peut penser que l'étude de la structure du produit d'addition de l'anhydride maléique fournira des renseignements sur ce point.

Quant aux facteurs de la réaction, ils restent entourés de mystère. Les

---

([5]) A vrai dire, il y aurait même plutôt une accélération, qui s'explique d'ailleurs logiquement : la diminution de la grandeur moléculaire du caoutchouc qui, dans l'air, s'effectue simultanément, est ici beaucoup moins importante.

([6]) CH. MOUREU et CH. DUFRAISSE, *Bull. Soc. Chim.*, (4) 35, 1924, p. 1564.

([7]) E. H. FARMER, *Trans. Faraday Soc.*, 38, 1942, p. 340; CH. PAQUOT, *Thèse*, Masson et Cie, 1944.

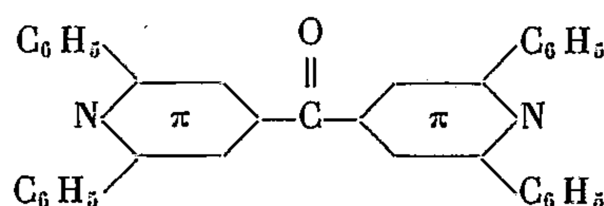
auteurs qui ont étudié le malaxage ont proposé des explications d'ordre mécanique ou d'ordre électrique ([8]); ces dernières s'appuient sur le développement, au cours de l'opération, de charges électriques importantes dont l'élimination supprime la plastification ([9]). Cependant, on a observé récemment ([10]) que le simple fait d'écraser entre les plateaux d'une presse un mélange de caoutchouc et d'anhydride maléique provoquait un début de réaction. D'autre part, on sait que les ultrasons ([11]) sont capables d'entraîner une dégradation des hauts-polymères et qu'il en est de même pour le broyage vibratoire, même en atmosphère d'azote ([12]). Peut-être pourrait-on attribuer la réactivité qui apparaît dans chacun de ces cas au frottement moléculaire interne plus ou moins intense subi par la matière.

L'étude approfondie de la réaction de l'anhydride maléique et sa réalisation en atmosphère rigoureusement exempte d'oxygène paraissent donc susceptibles d'apporter une contribution utile à l'explication du mécanisme intime des effets provoqués par le malaxage.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur une synthèse de la tétraphényl-2.2'.6.6' dipyridyl-4.4' cétone*. Note de M. **Michel Siemiatycki**, présentée par M. Charles Dufraisse.

La tétraphényl-2.2'.6.6' dipyridyl-4.4' cétone a été préparée par distillation sèche, sous vide poussé, du sel de calcium ou de baryum de l'acide diphényl-2.6 pyridine-4 carboxylique. L'oxime et la dinitro-2.4 phénylhydrazone correspondantes ont également été obtenues.

Nous avons entrepris la synthèse de la tétraphényl-2.2'.6.6' dipyridyl-4.4 cétone



ceci en vue d'identifier un produit de dégradation. Cette cétone a été préparée par la méthode de Piria à partir du sel de calcium de l'acide diphényl-2.6 pyridine-4 carboxylique.

On savait que cette calcination, en présence de chaux, conduit à la diphé-

([8]) *Voir* Ch. Dufraisse, *Rev. Gén. Caout.*, 9, n°s 85 et 86, 1932.

([9]) C. W. Shacklock, *Trans. I. R. I.*, 6, 1930, p. 259.

([10]) P. Compagnon et A. Chalmeau, travaux non publiés.

([11]) On notera avec intérêt à ce propos la récente communication de J. Loiseleur (*Comptes rendus*, 218, 1944, p. 876) sur l'activation de l'oxygène par les ultrasons.

([12]) *Voir* J. Le Bras, *Rev. Gén. Caout.*, 20, 1943, p. 167.

nyl-2.6 pyridine [1]. Nous l'avons reprise, mais sans addition de chaux; nous avons constaté que, même dans ce cas, il se forme la diphényl-2.6 pyridine, ce qui ne peut s'interpréter que par des réactions secondaires, et explique d'ailleurs le mauvais rendement. Nous avons constaté que la décomposition des sels de baryum ou de thorium se fait également vers 380° et, en travaillant sous 15 mm, nous obtenions la diphényl-2.6 pyridine avec un rendement de l'ordre de 35 %, et un mélange de produits fortement colorés d'où nous n'avons pu extraire la cétone recherchée.

Par contre, un essai avec le sel de baryum sous 0,05-0,01 mm nous a conduit à la cétone avec un rendement de 26 %. En allant plus loin nous avons repris l'expérience avec le sel de calcium sous un vide poussé de l'ordre de 10^{-6}-10^{-7} mm, entre 380 et 430°; nous avons alors obtenu la cétone avec un rendement de 76,8 %. Il paraît donc certain que la réaction de Piria a lieu même dans le cas où le rendement en cétone recherchée est nul. Son succès dépend surtout de l'évacuation rapide, hors de la zône chaude du réacteur, de la cétone formée.

Le diphényl-2.6 pyridine-4 carboxylate de calcium est préparé par double décomposition entre le sel de potassium, soluble dans l'eau et le chlorure de calcium : rendement 99 %.

Dans un tube de pyrex fermé à un bout, et comportant un renflement au milieu, nous avons placé le sel de calcium. Le tube a été soudé à une pompe à diffusion de vapeur d'huile et placé dans un four jusqu'au niveau de renflement. Sous une pression de l'ordre de 10^{-6}-10^{-7} mm, la température a été élevée progressivement jusqu'à 380°. Vers 370° commence la distillation d'une huile jaunâtre se solidifiant rapidement. Pendant deux heures la température a été élevée progressivement jusqu'à 430°.

A la fin de la deuxième heure le distillat est devenu rouge-brun foncé. Le résidu est constitué de carbonate de calcium et de charbon. Le distillat est chromatographié sur une colonne d'alumine. A l'aide du benzène nous avons d'abord élué une bande rosée : la partie incolore a été cristallisée dans un mélange alcool-acétate d'éthyle (1-1), ou dans l'acétone, et donne des aiguilles prismatiques tranparentes F 202-203° (microplatine chauffante Kofler). Rdt 75 %.

L'oxime a été préparée dans un mélange pyridine-éthanol (1-1) au moyen du chlorhydrate d'hydroxylamine. Elle cristallise en courtes aiguilles d'un mélange alcool-acétate d'éthyle. F 236° (capillaire).

La dinitro 2-4 phényl-hydrazone cristallise d'un mélange alcool-acétate d'éthyle en plaquettes jaunes en forme de losanges, F 302-303° (microplatine chauffante Kofler). Les analyses des produits nouveaux sont satisfaisantes.

---

(1) Paal et Strasser, *Ber. d. Chem. Ges.*, XIXe siècle, 20, p. 2761; Paal, *Ber. d. Chem. Ges.*, XIXe siècle, 29, p. 799.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Chromatographie sur papier d'alcaloïdes par des solutions d'électrolytes. Comportement de la fraction acide des sels chromatographiés. Extension de la technique à d'autres amines.* Note de MM. **Albert Resplandy** et **Charles Sannié**, présentée par M. Roger Heim.

En chromatographiant des alcaloïdes salifiés par certains acides organiques, on peut directement vérifier que les deux fractions de ces sels se déplacent indépendamment. La chromatographie par des solutions d'électrolytes s'applique à une grande diversité d'amines. Les relations de structure mises en évidence pour des familles d'alcaloïdes se vérifient pour d'autres groupes de molécules azotées.

Dans une précédente Note [1] nous avons exposé les propriétés caractérisant la chromatographie sur papier d'alcaloïdes par des solutions d'électrolytes; notamment le fait que les déplacements relatifs (R_f) sont indépendants du mode de salification selon lequel s'effectuent les microdépôts. L'identité des résultats obtenus pour différents sels d'un alcaloïde implique que, pendant la chromatographie, l'évolution des alcaloïdes et des acides les salifiant initialement demeure constamment indépendante. La scission qui s'opère, dès que les microdépôts sont balayés par le front d'électrolyte aqueux a pu être effectivement vérifiée avec des sels permettant d'observer simultanément le déplacement de l'alcaloïde et de l'acide, par exemple des picrates ou des salicylates. Les spots de l'acide picrique s'observent directement, ceux de l'acide salicylique en lumière ultraviolette. On peut utiliser des alcaloïdes fluorescents et suivre intégralement la séparation ou révéler les alcaloïdes (réactif de Draggendorf) après repérage des acides. L'expérience montre que l'acide se comporte comme lorsqu'il est chromatographié seul et l'alcaloïde comme lorsqu'on le dépose sous forme de base.

D'autre part, en étudiant des familles d'alcaloïdes, nous avons vérifié que l'influence des groupes fonctionnels non azotés sur le comportement chromatographique d'une molécule de référence ne se manifeste que par des variations graduées des données expérimentales [2]. Les caractéristiques obtenues avec des solutions d'électrolytes apparaissent ainsi essentiellement liées à la structure de base et à la fonction amine des molécules chromatographiées. Il en découle, en principe, la possibilité d'appliquer la technique à des amines quelconques. En fait nous avons pu chromatographier une grande diversité d'amines naturelles ou de synthèse suivant les conditions et règles établies pour les alcaloïdes.

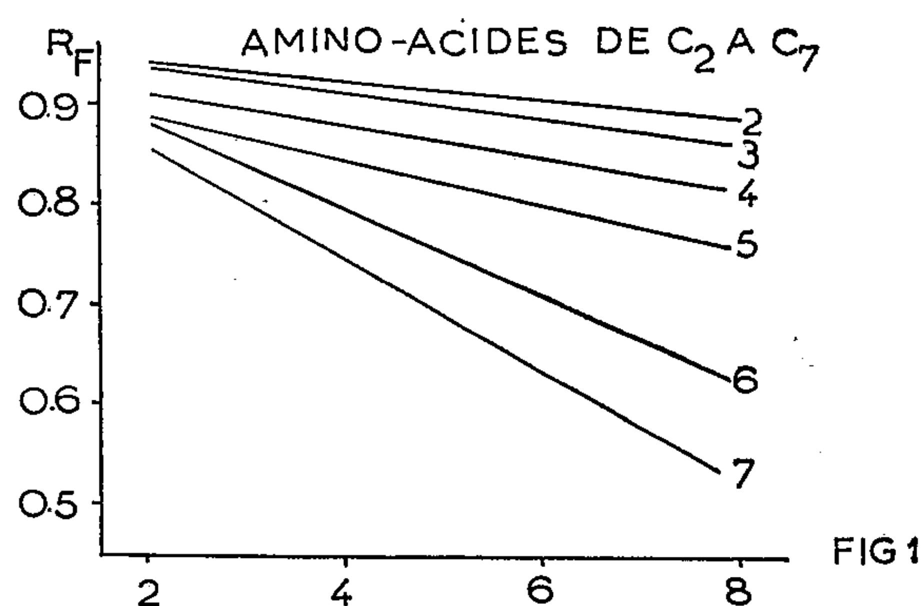
Les relations de structure vérifiées pour des groupes d'alcaloïdes

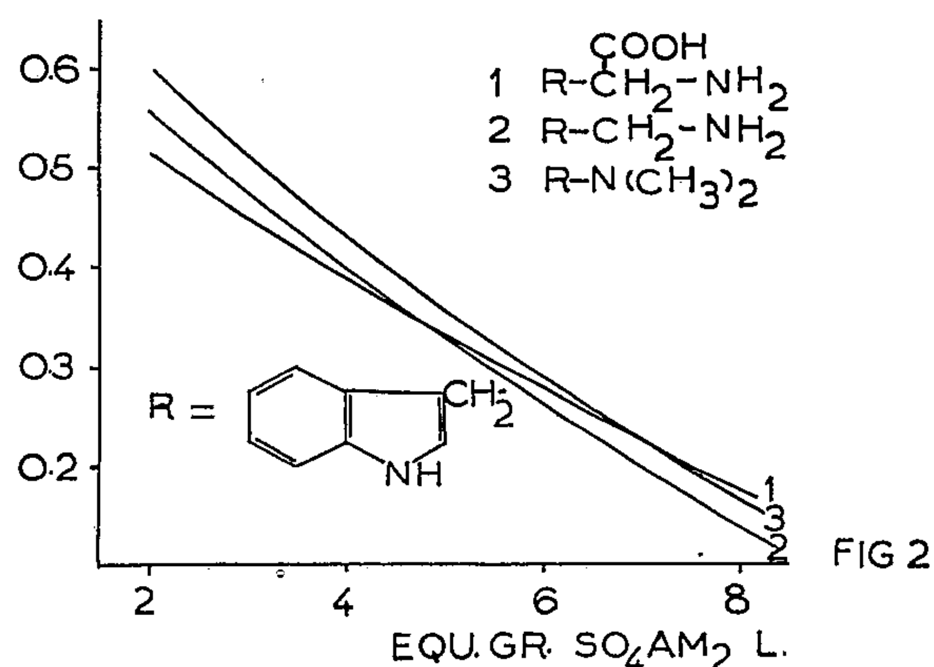
---

(1) A. Resplandy, *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 2527.

(2) A. Resplandy, *Comptes rendus*, 239, 1954, p. 496.

s'observent également pour des séries homogènes telles que celles des α-amino-acides, des acides β-indoliques, des sels d'ammonium quaternaires, etc. Les courbes $R_f = f$ (concentration en électrolytes) de ces séries forment des faisceaux semblables à ceux que donnent les familles d'alcaloïdes ([2]) [cf. *fig.* 1, où sont représentées les courbes $R_f = f(C)$ des α-aminoacides à chaîne linéaire de C_2 à C_7]





L'unité de structure d'amines ayant des molécules bâties sur un même type mais appartenant à des séries différentes se dégage de leur comportement chromatographique. Les résultats consignés dans le tableau I montrent par exemple qu'une amine de synthèse, un alcaloïde et un acide α-aminé ayant une grande analogie de structure se chromatographient sensiblement suivant les mêmes conditions.

TABLEAU I.

R_f pour différentes solutions de sulfate d'ammonium.

Équivalent/gramme de sulfate d'ammonium par litre	2	4	6	8
β-phénylisopropylamine	0,83	0,71	0,59	0,46
Éphédrine	0,83	0,71	0,59	0,49
Phénylalanine	0,85	0,74	0,61	0,51

Dans ces derniers cas les courbes $R_f = f(C)$ se localisent dans une zone relativement étroite du diagramme, mais on n'observe pas nécessairement des groupements sans intersection comme pour les séries homogènes ou les familles naturelles (alcaloïdes). On obtient des diagrammes tels que celui de la figure 2 où sont représentées les courbes $R_f = f(C)$ du tryptophane (1), de la tryptamine (2) et de la gramine (3).

Ainsi le champ d'application de la technique de chromatographie par des solutions d'électrolytes est très étendu. L'analyse chromatographique d'une amine indéterminée, en vue de son identification, peut être améliorée ou rendue possible en prenant des éléments de référence en dehors de la série ou du groupe auquel cette amine appartient. Enfin, dans le cas de l'étude de structures d'alcaloïdes, on peut tirer rapidement des renseignements précieux de l'examen direct des fractions azotées que l'on obtient par les différents processus de dégradation.

CRISTALLOGRAPHIE. — *Production de sulfures de cuivre par compression unilatérale de poudres cristallines des corps simples.* Note de M. **Raymond Hocart** et M[lle] **Aline Sorel**, présentée par M. Charles Mauguin.

Les expériences sont conduites en se référant au diagramme de fusion du soufre établi par Tammann. Des domaines d'existence sont établis pour quatre types de sulfures cristallisés.

Nous avons cherché à déterminer les différents sulfures formés par compression unilatérale d'une pastille de soufre cristallisé, pulvérisé (diamètre des grains : 20 à 50 μ), contre une pastille de cuivre (diamètre des grains : 10 μ) fraîchement réduit. Les conditions de température et de pression sont définies par le diagramme de Tammann dont nous avons contrôlé la validité d'application dans le domaine de 500 à 2000 kg/cm² et de 20° à 170° C. La durée uniforme des compressions faites est de une heure.

Dans ces conditions, la réaction fait intervenir seulement les grains de la couche de contact qui est de 20 μ environ. La concentration atomique initiale du cuivre est égale ou supérieure à celle du soufre. Il n'y a aucune diffusion.

Les produits de réaction ont été étudiés par des diagrammes de poudres, en partant de clichés de référence : chalcocite de Bristol (Connecticut) et covellite de Calaboue-Alghero (Sardaigne). Pour la digénite, nous avons pris les valeurs indiquées par Rahlfs (¹) et Buerger (²), et pour la digénite de maille multiple les valeurs données par Molé (³) (dig. ss.).

(¹) *Z. f. physik. Chem.*, 31, B, 1956, p. 157.
(²) *Amer. Mineral.*, 27, 1942, p. 712.
(¹) *Thèse*, Masson, Paris, 1952.

	θ ORD.	100°	120°	140°	150°	160°	170°
500 kg/cm² θ_F = 129°C	pas de reaction decelable	covellite	covellite	chalcocite covellite digenite			
1000 kg/cm² θ_F = 143°C	covellite	covellite	covellite digenite dig SS	covellite digenite dig SS	chalcocite covellite digenite		
1500 kg/cm² θ_F = 156°C	digenite	covellite digenite dig. SS	covellite digenite dig. SS	covellite digenite dig. SS	covellite digenite dig. SS	chalcocite	
2000 kg/cm² θ_F = 167°C	digenite	covellite digenite dig. SS	covellite digenite dig. SS	covellite digenite dig. SS	covellite digenite dig. SS	covellite digenite dig. SS chalcocite	chalcocite covellite

Fig. 1.

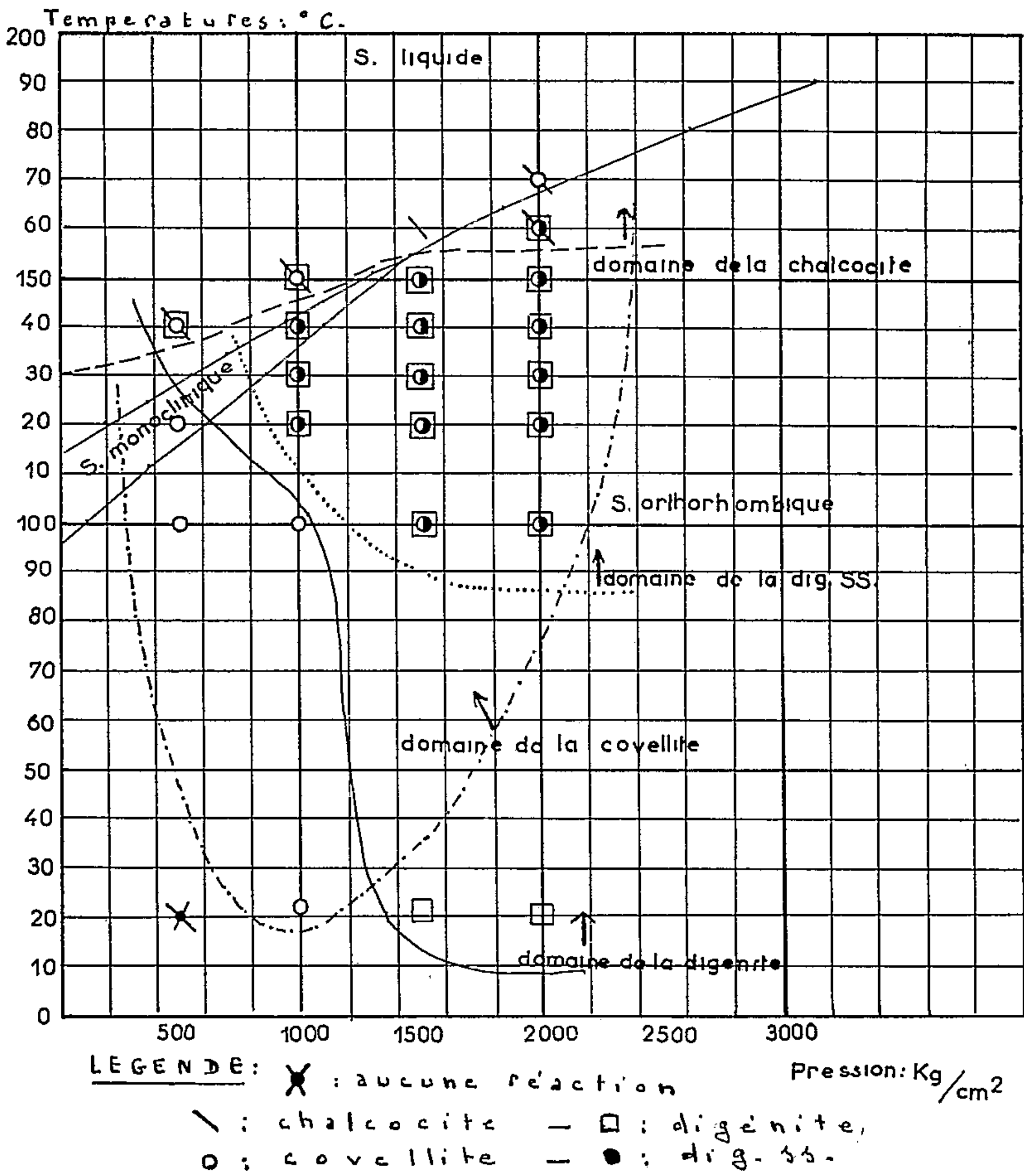


Fig. 2.

Nous donnons, (*fig.* 1), un tableau indiquant les principaux résultats. Ce tableau montre que :

— la nature des sulfures obtenus est fonction de la température et de la pression;

— le nombre de phases cristallisées obtenues est fonction de la température et de la pression.

Ces observations permettent donc de délimiter les domaines d'existence des différents sulfures (*fig.* 2), dans les conditions expérimentales précisées ci-dessus.

On remarque que la covellite est présente dans la plupart des cas, sauf notamment à température ordinaire sous 1 500 à 2000 kg/cm².

D'autre part, le vieillissement des pastilles à l'air, à température ordinaire, donne dans tous les cas, en un mois environ, de la covellite. C'est aussi cette phase qui subsiste seule, par un recuit des pastilles à 105° dans l'azote en quelques heures.

La covellite correspond, dans nos expériences, aux moindres contraintes de température et de pression.

CRISTALLOGRAPHIE. — *Configuration structurale absolue du chlorure cuivreux, du bromure cuivreux, et de la chalcopyrite; vérification d'une théorie morphologique des cristaux mériédres non centrés.* Note de MM. **Jean-Claude Monier** et **Raymond Kern**, présentée par M. Charles Mauguin.

L'étude du faciès et la détermination de la configuration structurale absolue nous ont permis d'effectuer sur la sphalérite, la wurtzite, la zincite, NH_4F et le carborundum α une première vérification ([1]) de notre théorie des groupes mériédres non centrés ([2]). Les résultats obtenus avec CuCl, CuBr, SiCβ, groupe F$\bar{4}$3m (T_d^2) et $CuFeS_2$, groupe I$\bar{4}$2 (D_{2d}^{12}), sont également en accord avec nos prévisions.

1. Les cristaux de CuCl et CuBr que nous avons étudiés ont été obtenus à partir de la solution dans l'hydracide correspondant. Ils se présentent sous forme de tétraèdres. L'étude piézoélectrique, faite dans chaque cas sur une dizaine d'entre eux, montre que les charges développées sur les faces du tétraèdre sont toujours positives. Les tétraèdres de CuCl et CuBr sont donc tous soit directs, soit inverses.

Le carborundum β a, d'après l'observation de H. Braekken ([3]), un faciès octaédrique qui ne révèle pas l'absence de centre de symétrie.

Les échantillons de chalcopyrite, provenant du gisement de Cherokée

([1]) R. Kern et J. C. Monier, *Comptes rendus*, 240, 1955, p. 2430.
([2]) J. C. Monier et R. Kern, *Comptes rendus*, 240, 1955, p. 2338.
([3]) *Z. f. Krist.*, 75, 1930, p. 572.

(Kansas), sont des sphénoèdres. Nous avons taillé des faces parallèles aux faces naturelles et étudié les figures de corrosion sur deux faces opposées d'une dizaine de cristaux. Après attaque à l'acide nitrique, l'aspect des figures est différent sur les faces taillées et sur les faces naturelles ; il est toujours le même d'un cristal à un autre pour chacune de ces faces. Par conséquent, tous ces sphénoèdres sont tous soit directs, soit inverses.

2. Pour déterminer la relation qui existe entre le faciès de ces cristaux et leur structure, nous utilisons le phénomène de dispersion anormale des rayons X. Nous faisons résonner le cuivre (discontinuité d'absorption K, $\lambda_K = 1,37765$ kX) présent dans CuCl, CuBr et $CuFeS_2$ à l'aide du rayonnement K_{β_1} du zinc ($\lambda_{K\beta_1} = 1,29261$ kX). Les taches de diffraction dues aux rayonnements K_{α_1} et K_{α_2} du zinc ($\lambda_{K\alpha_1} = 1,43222$ kX et $\lambda_{K\alpha_2} = 1,4304$ kX), nous servent de référence. Le tableau résume les résultats obtenus :

Espèces.	Position des atomes Cu.	Position des atomes Cl, Br ou S.	Calculés $\frac{F^2_{333}}{F_{\bar{3}\bar{3}\bar{3}}}$ ou $\frac{F^2_{336}}{F_{\bar{3}\bar{3}\bar{6}}}$.	Observés $\frac{\text{I face taillée}}{\text{I face naturelle}}$.
CuCl	0, 0, 0	1/4, 1/4, 1/4	1,60	$\geqslant 1$
CuBr	0, 0, 0	1/4, 1/4, 1/4	1,69	$\geqslant 1$
$CuFeS_2$	0, 0, 0	0,23, 1/4, 1/8	1,28	$\geqslant 1$

En fonction des positions atomiques indiquées dans le tableau, les indices des faces du tétraèdre de CuCl et de CuBr sont du type $(\bar{1}\bar{1}\bar{1})$ et ceux des faces du sphénoèdre de $CuFeS_2$ du type $(\bar{1}\bar{1}\bar{2})$. L'étude piézoélectrique des cristaux et celle de leurs figures de corrosion ont montré que les faces naturelles sont identiques, c'est-à-dire ont même type de notation. Les résultats obtenus à l'aide des rayons X dans les trois cas sur un seul cristal doivent donc être étendus à dix d'entre eux.

3° La répartition des atomes perpendiculairement à un axe [111] dans les chlorure et bromure cuivreux se fait dans des plans structuraux (111). Dans la chalcopyrite, il en est de même parallèlement aux plans (112). La structure suivant les directions perpendiculaires à ces plans peut être considérée comme formée d'unités de croissance composées d'un plan Cu ou Cu + Fe et d'un plan Cl, Br ou S, liés trois fois plus fortement que les unités entre elles. Ces cristaux ont donc, comme nous l'avons déjà dit (1), une probabilité maximum d'être formés d'un nombre entier d'unités de croissance et leurs faces naturelles se termineront soit par Cu ou Cu + Fe, soit par Cl ou Br ou S.

En nous référant aux déterminations de la configuration structurale absolue, nous constatons que les faces naturelles du type $(\bar{1}\bar{1}\bar{1})$ de CuCl et CuBr se limitent par un plan Cl ou Br et les faces naturelles du type $(\bar{1}\bar{1}\bar{2})$ de la chalcopyrite par un plan S. Les faces naturelles contiennent donc l'élément le plus polarisable Cl^- ($\alpha = 3,53 \cdot 10^{-24}$ cm^3), Br^- ($\alpha = 4,97 \cdot 10^{-24}$ cm^3) et S^{2-} ($\alpha = 8,6 \cdot 10^{-24}$ cm^3), alors que les faces du deuxième tétraèdre qui sont

inexistantes contiendraient l'élément le moins polarisable, Cu^+ ($\alpha \neq 0,5.10^{-24}$ cm^3) et Fe^{++} ($\alpha \neq 0,5.10^{-24}$ cm^3). Les polarisabilités α du fer et du cuivre sont calculées à l'aide de la formule de Lorenz-Lorentz en utilisant les indices de réfraction extrapolés pour $\lambda = \infty$.

Le faciès tétraédrique ou sphénoédrique des cristaux de CuCl, CuBr et $CuFeS_2$ s'interprète selon notre théorie (²), de la manière suivante : la probabilité de sédimentation d'une particule sur des faces du type (111) et $(\bar{1}\bar{1}\bar{1})$ ou (112) et $(\bar{1}\bar{1}\bar{2})$ est la plus faible sur celle qui contient l'élément le plus polarisable, Cl, Br ou S, par suite du terme de polarisation qui intervient dans l'expression de cette probabilité. L'extension latérale des faces $(\bar{1}\bar{1}\bar{1})$ ou $(\bar{1}\bar{1}\bar{2})$ est donc la plus grande (vitesse normale de croissance la plus faible).

Dans le cas de SiCβ, les probabilités de sédimentation sur deux faces opposées du type (111) et $(\bar{1}\bar{1}\bar{1})$ sont presque identiques par suite de la différence de polarisabilité très faible du carbone et du silicium. Les deux types de faces (111) et $(\bar{1}\bar{1}\bar{1})$ ont un développement égal, ce qui est confirmé par l'observation.

CRISTALLOGRAPHIE. — *Diffusion des rayons X par un monocristal liquide nématique.* Note de M. **Jean Falgueirettes**, présentée par M. Charles Mauguin.

Les seules études effectuées aux rayons X sur les liquides nématiques sont antérieures à 1934 [1]. L'orientation était obtenue par action d'un champ magnétique sans tenir compte de l'orientation par les parois et on utilisait un rayonnement filtré; les résultats n'étaient sans doute pas reproductibles, aussi sont-ils restés pratiquement qualitatifs. Il a paru utile de reprendre cette étude dans des conditions expérimentales plus rigoureuses.

Le paraazoxyanisol fond à 116° en donnant un liquide nématique. Le passage à la phase isotrope à lieu a 134°. Si cette substance est fondue entre lames frottées [2], elle donne naissance à une lame nématique d'orientation uniforme, lame équivalente au point de vue optique à une préparation taillée dans un uniaxe, parallèlement à l'axe qui est lui-même parallèle à la direction de frottement. C'est ce que nous appellerons un monocristal liquide.

On a donc utilisé pour cette étude une lame liquide nématique orientée, verticale, avec son axe optique horizontal, maintenue par capillarité entre deux lames de mica frottées et très minces (0,02 mm). L'équidistance de ces lames était assurée par trois cales de 0,25 mm. L'ensemble, maintenu

(1) P. W. Glamann, K. Herrmann et A. H. Krummacher, *Z. Krist.*, 74, 1930, p. 73.
(2) P. Chatelain, *Bull. Soc. franc. Min.*, 66, 1943, p. 105.

dans une presse, est placé dans un four (muni d'ouvertures) dont la température est assurée à 1° près. La préparation ainsi obtenue est placée perpendiculairement au rayon moyen d'un faisceau de rayons X monochromatique (Cu $K_{\alpha_1\alpha_2}$) obtenu par réflexion sur une lame de quartz courbée. Le rayonnement diffusé est recueilli sur un film cylindrique placé dans une chambre à focalisation de Guinier, en position symétrique par rapport au faisceau, l'axe de la chambre étant vertical.

Les clichés obtenus ont un aspect général analogue à celui d'un corps amorphe; mais alors que pour ceux-ci, de même que pour l'azoxyanisol à l'état isotrope, les anneaux sont de révolution, dans le cas d'un monocristal liquide nématique, ils sont limités à des arcs de cercle. Le diamètre angulaire de l'anneau le plus intense est de 20°; il correspond à une distance réticulaire de 4,4 Å. Cette distance est de l'ordre de grandeur du diamètre transversal de la molécule d'azoxyanisol. Ceci conduit à penser que ces anneaux sont dus à des groupes de molécules dont les directions d'allongement sont parallèles, groupes ayant des orientations privilégiées dans le monocristal liquide, ce qui limite les anneaux à des arcs de cercle.

En vue d'étudier la répartition de ces groupes autour de l'axe d'isotropie, l'intensité diffusée a été déterminée pour les diverses directions. Pour cela, on a mesuré par voie photométrique la densité photographique aux divers points des clichés (le temps de pose, 3 h, a été choisi de façon à ce que les densités maxima soient limitées à 0,8; dans ces conditions, la variation de densité en fonction de la lumination peut être regardée comme linéaire).

Les valeurs ainsi trouvées ont été corrigées de la diffusion par l'air, puis ramenées au cas théorique d'une pellicule photographique sphérique.

$t = 116°$.

x^0... / y^0...	0.	2.	4.	6.	8.	10.	12.	14.	16.	18.	22.	26.	30.
0...	–	–	–	20	23	25	26	26	25	24	22,5	24	23
4...	–	–	–	25	26	27	27,5	27	26,5	26	24	25,5	24
8...	30	30	31	32	34	35	36	35	33,5	31	27	26	25
12...	38	38	40	43	46	47	46	43	39	34	29	26	25
16...	65	65	66	67	66	61	55	48	41	35	29	26	24
18...	80	81	80	78	72	64	55	58	41	35	29	26	24
20...	90	88	85	78	70	60	52	46	40	34	27	25	24
22...	80	79	76	70	63	57	50	44	38	32	27	25	24
24...	70	69	67	63	57	51	46	40	34	31	27	25	24
28...	46	45	44	40	37	35	33	31	30	28	26	24	23
30...	36	36	35	34	32	31	30	29	28	26	25	23	22

Le tableau ci-dessus donne des valeurs relatives de l'intensité diffusée en fonction des coordonnées sphériques normales; x étant l'angle du plan vertical passant par le rayon diffusé avec le plan vertical passant par

le faisceau incident, et y l'angle du rayon diffusé avec le plan horizontal. L'intensité diffusée peut être regardée comme la somme algébrique de l'intensité diffusée par les molécules supposées isolées, et de l'intensité due aux interférences entre molécules; ce qui explique que dans le tableau ci-avant nous nous limitions à la région où les variations sont fortes.

Si l'on fait varier la température, les maxima s'étalent au fur et à mesure que la température augmente.

Une deuxième série d'expériences a été faite avec une préparation plus épaisse, dont l'orientation était assurée par les parois et par un champ magnétique agissant comme les parois. Les résultats ont été absolument identiques, aux erreurs d'expérience près. Ceci permet d'affirmer qu'un champ magnétique agissant comme les parois, ne modifie pas la structure d'une lame monocristalline, et cela dans des conditions où l'orientation par les parois ne suffit pas pour obtenir une préparation homogène.

Ce résultat est intéressant du point de vue pratique, car la combinaison des actions concordantes du champ et des parois permet d'obtenir des lames épaisses bien orientées et par suite de diminuer le temps de pose et les corrections dues à la diffusion par l'air.

Il est également intéressant du point de vue théorique : le champ magnétique ne modifie pas l'agitation thermique, ce qui confirme les résultats obtenus par les méthodes optiques [3].

GÉOLOGIE. — *L'Éocène inférieur des provinces de Burgos, d'Alava et de Navarre occidentale (Espagne).* Note de M. **Jean-Philippe Mangin**, présentée par M. Charles Jacob.

De l'Ouest à l'Est, de Villarcayo jusqu'aux environs de Pamplona (Estella), les terrains nummulitiques affleurent suivant un synclinal presque continu, sur les flancs duquel, entre le Crétacé terminal et les premiers niveaux à petites Nummulites, s'intercale un complexe épais de 100 à 150 m, avec des horizons variés. Cette variété fait que l'attribution stratigraphique de ces horizons change avec l'auteur et la région. Une étude d'ensemble m'a permis d'y reconnaître deux niveaux assez nettement différenciés qui peuvent se suivre sur plus de 180 km. Ils se prolongent d'ailleurs beaucoup plus loin vers l'Est, dans les « Sierras » navarro-aragonaises.

a. Au niveau de base reviennent 40 à 50 m de calcaires de nature variée. Lithographiques vers l'Est (Urbasa), ils offrent en Alava, sur la bordure Sud du pli, des caractères saumâtres et deviennent franchement dolimitiques vers l'Ouest, à Manzanedo et Villate par exemple.

(3) P. Chatelain, *Bull. Soc. franc. Min.*, 50, 1937, p. 360.

Ce niveau, généralement considéré comme stérile, m'a donné des Gastropodes et des Lamellibranches, souvent abimés par la dolomitisation et difficilement déterminables, des Foraminifères (*Valvulinidæ*, *Miliolidæ*) et, localement (Villate), des débris d'Échinides.

Sur le flanc Nord du synclinal, l'assise, que j'ai qualifiée de *Calcaires de San Miguel*, repose sur des calcaires gréseux du Mæstrichtien, à Orbitoïdes. Sur le flanc Sud, elle vient au-dessus de formations à faciès garumnien équivalentes des précédentes. Localement (Valdepuesta), elle est transgressive sur des calcaires à Rudistes.

b. Le second niveau, que j'appelle « *couches de San Justi* », succède partout au précédent. Il est plus varié et généralement représenté par 60 à 80 m d'une alternance de grès et de calcaires marneux ou pseudo-oolitiques dont la faible résistance à l'érosion contraste avec celle de l'horizon sous-jacent.

Les grès dominent vers l'Ouest. Assez purs, bien calibrés, blancs ou jaunâtres, ils ne m'ont fourni aucune faune sauf au sommet où j'ai observé, à Manzanedo, un niveau à *Ostrea perangusta*. Ces grès s'entremêlent de bancs calcaires à *Miliolidæ*, *Valvulidæ* qui finissent par dominer au sommet. La microfaune se complète alors d'*Operculina ammonea*, *Alveolina primaeva*, *Fallotella alavensis*.

A l'Est, dans les Sierras de Encia et Urbasa, les couches de San Justi se composent surtout de calcaires marneux, entremêlés de quelques niveaux de marnes grumeleuses et de rares bancs gréseux. Les calcaires ont la même microfaune qu'à l'Ouest, avec en outre des Discocyclines et des Lithothamniées.

Entre ces deux régions, au Sud de Vitoria (Alava), s'observent des faciès de transition comportant à la base une série principalement gréso-marneuse couronnée d'un banc à *Ostrea uncifera* sur lequel se retrouvent les calcaires à Algues et Foraminifères. A Azaceta (Alava), les marnes m'ont fourni *Textularia lontensis*, *Neorotalia sp.*, *Rotorbinella aff. colliculus*, *Anomalina packardi*, *Cibicides praecursorius*, *C. howelli*, etc. et de nombreux Ostracodes.

Relativement à la position stratigraphique de l'ensemble décrit, nous avons vu que le terme inférieur, ou calcaire de San Miguel, était trangressif vers le Sud par rapport aux dépôts marins du Crétacé terminal. La faune, par ailleurs, ne renferme plus aucune espèce typiquement crétacée et, par les Foraminifères, annonce plutôt la faune franchement éocène des couches du San Justi. Il me paraît donc logique de faire commencer le Tertiaire par les calcaires de San Miguel.

Vers le haut, les couches du San Justi passent, comme il a été dit, à des niveaux généralement calcaires, mais dans lesquels apparaissent pour la première fois : *Alveolina oblonga* et *Nummulites globulus*; ces calcaires sont à leur tour surmontés, en Navarre occidentale, d'une autre série de même nature qui fournit de grands Nummulites de l'Eocène moyen.

En résumé, dans la région étudiée, je rattache donc à l'Eocène inférieur les trois termes superposés suivants : Calcaires de San Miguel, Série du San Justi, Niveaux à *Nummulites globulus*.

L'attribution de chacun de ces termes aux étages classiques de l'Eocène inférieur pose une question délicate. Les événements paléogéographiques qui ont en partie légitimé l'établissement de ces coupures dans le Bassin belgo-parisien n'ont pas eu d'écho ici. Par ailleurs, il existe peu d'éléments faunis-

tisques de ce domaine qui puissent être comparés avec celui que j'ai étudié. Sans doute pourrait-il paraître plus facile et plus opportun de tenter une comparaison avec les subdivisions stratigraphiques de la série du versant Nord des Pyrénées voisines, mais pour cela il faudrait être assuré de la validité de ces subdivisions. Dans l'état actuel de mes recherches, il m'a paru plus prudent de me limiter à indiquer seulement, avec leurs caractères, les éléments de la séquence locale.

GÉOLOGIE. — *Corrélation entre les phases de latéritisation des Guyanes et les glaciations quaternaires.* Note (*) de M. **Boris Choubert**, présentée par M. Pierre Pruvost.

On sait que les Guyanes sont constituées par des terrains précambriens, bordés au Nord par des dépôts transgressifs du Quaternaire marin [1].

Dans ces derniers on distingue quatre séries, particulièrement bien représentées au Surinam : c'est là que les formations quaternaires sont les plus complètes; elles peuvent aisément être raccordées à celles des Guyanes anglaise et française dont elles ne diffèrent que par la puissance (plus de 2 200 m à l'Ouest dans la fosse de Berbice-Courantine; quelques dizaines de mètres à l'Est, en territoire français).

La stratigraphie de ces terrains, pauvres en fossiles (espèces actuelles et subactuelles), repose sur l'existence de plaines côtières étagées et de phases continentales intercalaires. Au cours du Quaternaire il y eût quatre transgressions et quatre régressions marines principales.

Ces séries sont formées d'argiles plus ou moins pures et de sables argileux, tantôt fins, tantôt grossiers; au Surinam et en Guyane anglaise elles contiennent des gisements de bauxite qui, par leur qualité et leur extension, sont les premiers du monde. D'après les auteurs hollandais [2], l'existence de deux phases au moins de bauxitisation semble actuellement démontrée. La plus importante, qui se situe au Quaternaire moyen, a atteint la portion du dépôt antérieurement exondée et les affleurements bauxitiques s'échelonnent à la limite Sud de l'ancienne mer.

Nous avons pu visiter les principales exploitations des Guyanes : les argiles kaolineuses, soumises à une évolution continentale, se sont transformées superficiellement en une carapace de bauxite. Celle-ci a été ensuite partiellement érodée. Enfin une nouvelle transgression, débutant par des dépôts lacustres (argiles à lignites ayant une stratification entrecroisée,

---

(*) Séance du 27 juin 1955.

(1) B. Choubert, *C. R. XIXe Cong. Géol. Int.*, Alger, 1953.

(2) J. P. Bakker, H. Kiel et H. J. Muller, *Geologie en Mijnbouw*, n° 5, juin 1955.

et contenant de la pyrite), a recouvert l'ensemble de sables et d'argiles d'origine marine. Ces dépôts ravinent la surface de la bauxite, qui forme des couches doucement inclinées vers la mer, d'une épaisseur atteignant parfois 6 m.

En Guyane française on ne connaît jusqu'à présent que la bauxite des plateaux, antérieure au Quaternaire. Au niveau des « terres basses » on n'observe que des couches latéritiques intercalées dans les sédiments quaternaires et formées, soit au détriment d'une argile sédimentaire impure, soit à partir de roches du socle décomposées, recouvertes par le Quaternaire marin.

Les niveaux maxima atteints par les différentes transgressions sont indiqués par les terrasses marines suspendues au flanc des collines de l'Ile de Cayenne et des montagnes de Roura et de Kaw. Leurs altitudes correspondent dans l'ensemble aux « niveaux » classiques des terrasses attribuées à l'eustatisme en Europe méridionale et en Afrique du Nord. On y trouve en outre des niveaux intermédiaires, dus sans doute aux mouvements épirogéniques.

Ces terrasses sont recouvertes de carapaces latéritiques qui les ont préservées de l'intense érosion due aux pluies équatoriales. Puisqu'elles correspondent aux maxima marins, c'est donc dès le début de la régression suivante que la latéritisation devait se produire. Or les transgressions quaternaires marquent les périodes interglaciaires (« interpluviaux ») et les régressions, les périodes glaciaires (« pluviaux »). On peut en déduire que la formation des latérites des Guyanes correspond à l'extension des glaciations dans l'hémisphère septentrional : le climat, devenu tropical dans les régions voisines de l'équateur actuel, avec périodes pluvieuse et sèche bien tranchées, était propice à cette évolution.

Le climat équatorial, par contre (deux périodes pluvieuses et deux périodes sèches) est peu favorable à la naissance de cuirasses, et celles qui existent actuellement sous ces latitudes sont en voie de destruction. Nous l'avons maintes fois constaté au cours des séjours que nous avons faits au Gabon et dans les Guyanes.

Les gisements de bauxite du Surinam et de la Guyane anglaise doivent leur conservation à une couche protectrice de sédiments marins; ceux de la Guyane française sont résiduels.

En résumé, la formation des latérito-bauxites des « terres basses » des Guyanes semble, de même que les transgressions et régressions marines quaternaires, être en corrélation avec les quatre glaciations de l'hémisphère septentrional. La phase de glaciation du Quaternaire moyen, la plus importante, serait à l'origine des puissants gisements de bauxite du Surinam et de la Guyane anglaise.

GÉOLOGIE. — *Application aux schistes lustrés de Bastia (Corse) du principe de comparaison des faciès pétrographiques.* Note (*) de MM. **Amitava Dutt** et **Jean Laporte**, présentée par M. Pierre Pruvost.

Les schistes lustrés bastiais ne sont pas séparables pétrographiquement des schistes antéhouillers d'Osani.

« Les schistes lustrés de Corse sont tellement identiques *pétrographiquement* aux schistes lustrés des Alpes et ils s'accompagnent d'un cortège de roches vertes tellement identique, que l'on ne peut pas douter de leur rattachement à cette vaste *série compréhensive* de P. Termier. Leur âge *irait* ainsi du Trias supérieur à l'Éocène inférieur. » Telle est la conclusion d'E. Maury dans la notice explicative de la feuille de Luri; c'est l'opinion à laquelle se rattachent toujours les géologues qui se penchent sur la stratigraphie de la Corse.

1. Considérée sous l'angle pétrographique, la région bastiaise, si nous laissons de côté les cipolins, offre trois faciès lithologiques principaux : 1° des schistes sériciteux bleutés; 2° des schistes verts; 3° un complexe de roches basiques et ultrabasiques pénétrant les schistes.

Le schiste gris bleuté, friable, finement plissoté, à patine mordorée sur les faces altérées, se compose essentiellement de quartz, dont les cristaux granoblastiques alternent en lits d'un à plusieurs millimètres avec des bandes phylliteuses où prédomine la séricite. L'albite et la calcite sont parfois abondantes. Ritsema (¹) signale jusqu'à 50 % d'albite près des ophiolites; mais les deux minéraux peuvent manquer complètement. Accessoirement, on a reconnu épidote, sphène et oxydes de fer.

A cette liste, les recherches de l'un de nous (J. L.) ajoutent la *biotite*, fréquente en différents points du Cap Corse sans qu'il semble possible de tracer une zone de schistes à deux micas. Son pourcentage atteint facilement 5 % dans une roche où l'analyse volumétrique compte 45 % environ de phyllites; nettement pléochroïque, elle est souvent chloritisée. Signalons que des couches minces, mais parfois nombreuses, de *graphite*, soulignent les microplissements de la roche.

A propos d'enclaves de schistes lustrés bleutés dans le bord oriental du granite du Tenda, Stam (²) écrit : « La biotite est un minéral caractéristique des schistes pré-permiens et il est donc très probable que les inclusions qui contiennent de la biotite sont des schistes pré-permiens. »

(*) Séance du 27 juin 1955.

(¹) *Géologie de la région de Corte, Corse* (*Thèse*, Amsterdam, 1952).

(²) *Géologie de la région du Tenda septentrional, Corse* (*Thèse*, Amsterdam, 1952).

La présence de biotite dans un schiste ne peut être un argument de datation, pas plus d'ailleurs que de différenciation d'avec les schistes bastiais, puisque ces derniers en contiennent.

Enfin, les schistes lustrés du Cap Corse offrent en plusieurs points des *minéralisations d'antimoine* (stibine) ayant fait l'objet de concessions.

Quant aux schistes verts, ils associent essentiellement, dans une structure lépidoblastique homogène et microgrenue, le quartz, parfois assez abondant pour former des quartzites, la séricite, la chlorite, l'épidote, l'albite et l'actinote.

2. Or, à l'Ouest de la Corse, le soubassement du Bassin d'Osani est un complexe métamorphique où ces trois faciès lithologiques se distinguent également : 1° des schistes séricíteux bleutés; 2° des schistes verts; 3° des amas de serpentine.

Sur le type séricíteux bleuté, donnant par altération des reflets mordorés, des plissotements minuscules fripent les plans schisteux. Outre des bandes minces de *graphite*, le microscope montre une alternance de lits quartzeux et phylliteux ayant en moyenne 2 à 3 mm d'épaisseur. Les cristaux de quartz xénomorphes, à extinction roulante, voisinent avec la séricite, la *biotite* et 5 % environ d'un feldspath de néoformation, rarement mâclé, qui est de l'*albite* (signe optique +, 2 V = 75 à 80°, clivage 010 souvent parfait). Le pourcentage d'anorthite varie de Ab. 10-An. 0 à Ab. 9-An. 1 (3). Et, selon Nentien (4), l'*antimoine* existe « à Tetti près de Galeria, *au milieu des schistes précarbonifères du Nord-Ouest* ».

Les schistes verts d'Osani forment une roche plus compacte que le schiste séricíteux. Le quartz abondant y coexiste avec séricite, chlorite, albite et de l'épidote en aggrégats irréguliers.

Ces formations cristallophyliennes du Bassin d'Osani sont antéwestphaliennes, car dessus reposent le Houiller fossilifère, couronné par une brèche volcanique polygénique contenant des morceaux du Houiller et du soubassement de micaschistes.

Quant au cortège ophiolitique, s'il n'atteint pas, étant donnée l'exiguïté des affleurements, l'importance qu'il a plus à l'Est, il existe cependant. Citons D. Hollande (5) : « A l'usine de l'Argentella, il y a, intercalée dans des schistes, une masse de gabbro-serpentine.... Donnet et Romagnoli ont signalé des amas de serpentine entre Galeria et le ruisseau de Marzolino, également dans le Niolo. »

3. Donc, une ressemblance frappante rapproche les formations méta-

---

(3) Ainsi l'albitisation ne se trouve pas seulement dans la Corse orientale et, de même que pour la biotite, il s'agit d'un phénomène pétrographique commun aux deux régions.

(4) *Mém. Carte Géol. Fr.*, 1897, p. 212.

(5) *Géologie de la Corse*, Grenoble, 1917, p. 28.

morphiques de la région bastiaise de celles d'Osani, analogie non seulement des faciès, mais mieux encore des associations lithologiques; par contre, les schistes lustrés alpins diffèrent de ceux de Bastia, par le comportement des calcaires. En Corse, ce sont des bancs de cipolins localisés dans la série, alors que dans les Alpes cette localisation est rare, le calcaire imprégnant les schistes lustrés eux-mêmes.

La pétrographie nous conduit ainsi à ce dilemme : soit rejeter toute comparaison des faciès et de leurs associations entre les différentes régions d'Osani, de Bastia et, à plus forte raison, du Piémont, soit, si l'on reconnaît valable le parallélisme Est-Ouest en Corse, admettre que les schistes bastiais sont des dépôts affectés comme ceux d'Osani d'un métamorphisme d'âge permo-carbonifère.

GÉOLOGIE. — *Le Quaternaire continental de la basse vallée du Var.* Note de M. **Jacques Bourcart**, présentée par M. Pierre Pruvost.

La région niçoise a été le berceau de la célèbre théorie de Charles Depéret : depuis le début du Quaternaire, la mer aurait abandonné des plages à des altitudes régulières entre 100 m et son niveau actuel; des terrasses fluviales, leur correspondant exactement à des hauteurs relativement analogues, se trouveraient dans toutes les vallées fluviales.

Dans une série de publications (1), mes élèves et moi, nous avons montré que cet étagement régulier de plages n'existait pas en réalité. Par ailleurs, on devrait, si la théorie eustatique était vraie, retrouver la trace des quatre transgressions marines dans une basse vallée comme celle du Var. En fait, nous n'avons jamais pu y observer aucun Quaternaire *marin* entre la mer et l'entrée de la gorge de la Mescla.

Cette partie de la vallée du Var, d'après la carte géologique de Nice au 1/80 000e (2e édition), due à Léon Bertrand, est entièrement creusée dans ce qu'on appelle habituellement les conglomérats du « delta pliocène du Var ». Sur la rive droite, le fleuve serait bordé par des « terrasses alluviales » superposées. Sur la rive gauche, des limons rouges, caillouteux à la base, ravineraient les poudingues « pliocènes » des plateaux niçois, dessinant d'anciens talwegs.

Nous avons montré récemment, F. Ottmann et moi (2), qu'entre Aspremont et Nice, une formation assez variée de cailloutis sableux et de sables jaunes, passant au sud à des limons loessiques, séparent les limons rouges

(1) J. Bourcart et F. Otmann, *Bull. Serv. Carte Géol. France*, 52, n° 241, 1954, p. 322-329 (avec bibliographie antérieure).

(2) *C. R. somm. Soc. Géol. France*, 5-6, 1955, p. 70-71.

des poudingues « pliocènes ». Cette formation a subi, après son dépôt, une importante cryoturbation.

Une nouvelle série de recherches que j'ai entreprises entre Aspremont et la gorge de la Mescla, m'a montré que cette formation y prend une importance considérable. La carte géologique l'avait confondue avec le « Pliocène supérieur ». Elle est surtout caractérisée par des sables jaunes, mais contenant de très gros cailloux alpins, notamment de gneiss et de « grès de Contes ». Les plus gros blocs sont à peine émoussés, les plus petits bien roulés. Ils passent souvent à des lentilles de sables stratifiés ou même de marnes blanchâtres finement litées. Même dans la coupe classique de la Roquette, ce sont ces cailloutis, et non le « Pliocène supérieur », qui surmontent directement les argiles plaisanciennes.

La coulée caillouteuse vient de Levens (où sa base est à + 500 m) et descend au Var. Son axe suit à peu près le torrent de Saint-Blaise. Passant sur la rive droite du fleuve, on la retrouve au pied de Carros, où elle atteint 140 m d'altitude, elle se poursuit ensuite, au pied de la falaise « pliocène » jusqu'à Saint-Laurent. C'est elle qui forme la soi-disant terrasse.

Partout, la nature de ces sables à blocaux est la même. Les éléments alpins qu'ils contiennent sur la rive droite du Var ne peuvent provenir des chaînes uniquement calcaires qui les surmontent et ils sont trop gros pour être empruntés au Pliocène supérieur. En revanche, la formation est absolument identique au fluvio-glaciaire que L. Bertrand a figuré entre La Bollène et le Suquet dans la vallée de la Vésubie et qui, en réalité, descend jusqu'au verrou de Saint-Jean-la-Rivière (base aux environs de 400 m). Elle a pu facilement déborder vers la vallée du Var par le col de Levens (500 m).

La partie septentrionale de la basse vallée du Var est donc occupée, non par des terrasses alluviales, mais par une grande coulée de boue provenant de la fusion d'un glacier, antérieur aux limons rouges.

PÉDOLOGIE. — *Relations entre quelques aspects de la terre gelée et la structure.* Note de MM. **Stéphane Henin**, **Louis Locussol** et **Olivier Robichet**, présentée par M. Maurice Lemoigne.

Nous avons insisté dans une Note précédente (1) sur les deux aspects que présente le sol gelé. En terre meuble les agglomérats de terre sont séparés par des aiguilles de glace, en terre compacte la masse est divisée par des lamelles. Nous avons cherché à préciser le mécanisme de formation de ces structures.

---

(1) S. Henin et O. Robichet, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 2358.

La formation des aiguilles de glace entre les agglomérats de terre nous paraît due aux causes suivantes : au moment où la température s'abaisse, comme la conductibilité thermique est nécessairement moins bonne au contact entre les agglomérats de terre que dans la masse de ceux-ci, il doit y avoir une chute du gradient de température quand on passe des uns aux autres. Si l'on considère la dernière couche de particules gelées dans la profondeur du sol, on constate la tendance de l'eau libre à venir des zones plus profondes se prendre en masse au contact de cette couche. Si l'abaissement de température n'est pas trop rapide, le liquide alimente les cristallites qui se sont formés et ceux-ci tendent à s'allonger. Pour démontrer ce mécanisme, nous avons effectué les expériences suivantes. Des objets poreux briques ou tuiles, ont été enfoncés à plat en terrain humide jusqu'à ce que l'eau vienne affleurer leur surface supérieure en la mouillant complètement. Des petites particules de terre ont été disposées sur la surface ainsi préparée. Après une nuit de faible gel chaque particule de terre se trouvait alors supportée par un pédoncule de glace de 1 à 2 cm de hauteur reproduisant ainsi le phénomène observé dans le sol. Il est à noter que l'expérience ne réussit que si le gel n'a pas été trop intense. Si non, l'ensemble de la lame liquide est prise en glace et, les cristallites formés entre les agglomérats de terre et le corps poreux n'étant plus nourris par l'eau alors immobilisée, les particules de terre ne se soulèvent pas. C'est également ce qui se produit dans les sols quand la pénétration de l'onde de froid est trop rapide.

Pour préciser le mécanisme de l'alimentation du cristal par le film d'eau, nous avons opéré de la manière suivante : une bougie poreuse a été remplie d'eau puis enfoncée, l'extrémité ouverte tournée vers le bas, dans un sol humide. La surface poreuse de la bougie avait été partiellement frottée avec un papier imbibé d'huile végétale. On a constaté que cette dernière partie ne se recouvrait pas de glace alors que le reste de la bougie était entouré d'une couche continue de 0,5 cm environ d'épaisseur. Le dispositif ayant été maintenu en place plusieurs jours pendant une période de gel et de dégel, il s'est formé sur la partie enduite de matières grasses une série de cristaux extrêmement fins donnant l'impression que la bougie était recouverte de poils. Ce fait est attribuable à la formation de trous, à travers la très mince couche de matière hydrophobe, permettant ainsi à l'eau d'affleurer à la surface de la bougie et de s'y prendre en glace; le cristallite ainsi formé s'allonge étant alimenté en eau par la base. Cette expérience montre que les lamelles de glace ne peuvent se former et se développer que si l'eau forme un film continu. Or, la formation de ce film est impossible en présence de matières grasses hydrophobes. Ainsi toute discontinuité dans le film d'eau engendre la croissance de cristaux filiformes.

Pour mettre en évidence l'influence du gel sur une terre compacte, nous

avons préparé au laboratoire, par malaxage, des bâtonnets cylindriques de terre ($\varnothing = 0,8$ cm, $L = 5$ cm) amenée à une humidité voisine de la capacité pour l'eau (25 %). La terre ainsi préparée a été placée soit au contact du sol en place, soit séparée de celui-ci par des feuilles de papier, soit enfin maintenue à + 2° au frigidaire. Les bâtonnets de terre gelés après avoir passé une nuit dehors, ont été introduits, ainsi que les témoins non gelés, dans des flacons remplis d'alcool ou d'eau. Puis après 4 h de séjour et une agitation très modérée, les échantillons ont été passés aux tamis de 2 et de 0,2 mm. L'alcool permet la dissolution des lamelles de glace sans rompre les bâtonnets, alors que l'eau, en plus de cet effet, peut en provoquer la dislocation. Cette dernière expérience apporte donc des informations sur le comportement physico-chimique du sol traité. Les résultats reproduits dans le tableau montrent que les bâtonnets ont été divisés

Nature du traitement.

	Gelé au contact du sol.		Gelé sur papier.		Témoin maintenu à + 2° C.	
Immersion dans..........	Alcool.	Eau.	Alcool.	Eau.	Alcool.	Eau.
% agrégats stables > 0,2 mm...	86	54	90	57	100	68
% agrégats stables > 2 mm.....	66,5	29,5	82,0	40	100	50

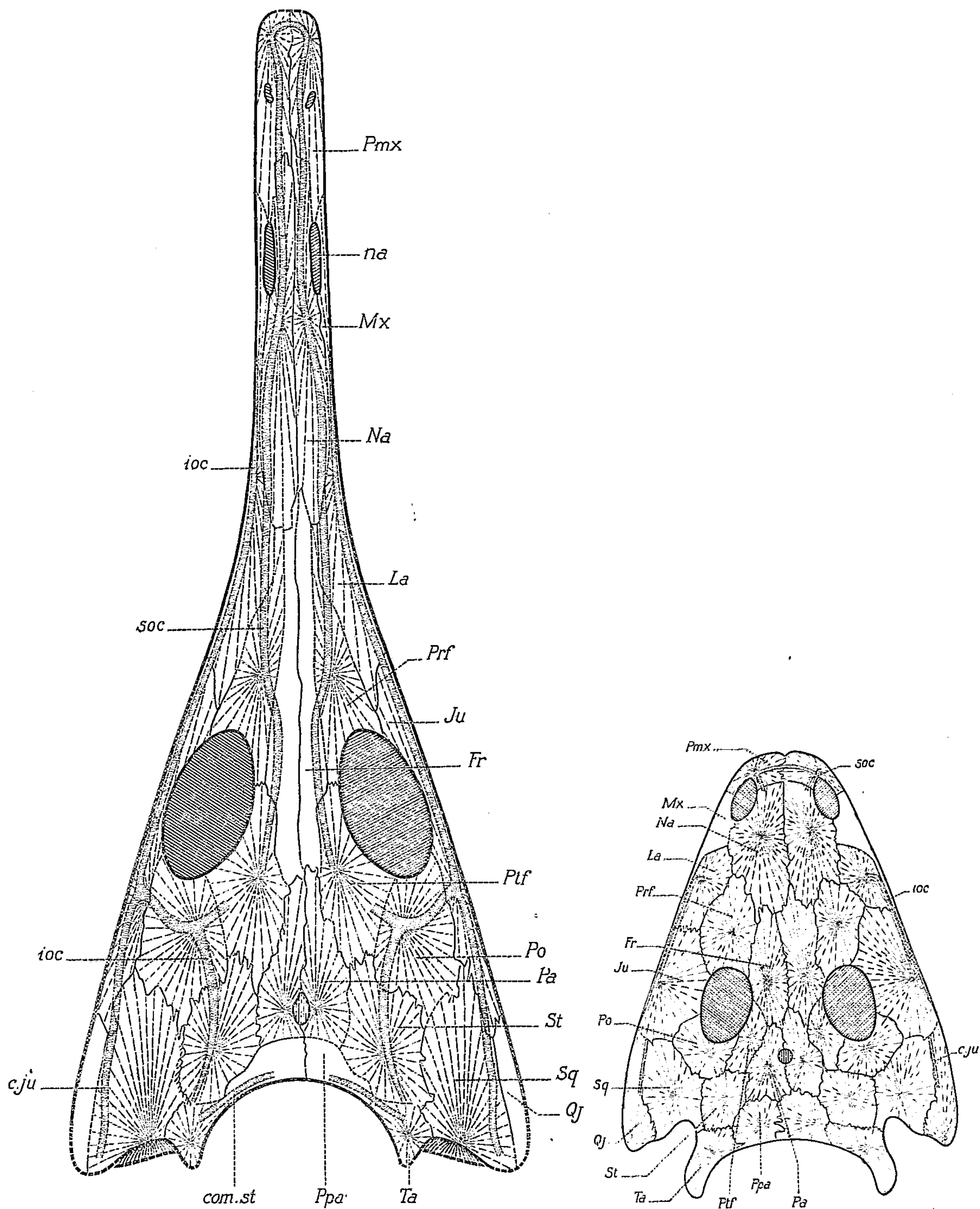
par les cristaux de glace, d'ailleurs visibles sur les échantillons gelés, l'effet étant d'autant plus marqué que le matériel était plus humide. On ne trouve que 66,5 % d'éléments > 2 mm pour les bâtonnets posés à même le sol contre 82 % pour les bâtonnets gelés sur papier et 100 % pour ceux qui étaient conservés à + 2° C. Ces différences sont dans le même sens, quoique beaucoup moins marquées, avec les particules > 0,2 mm. Il en est de même pour le traitement à l'eau. On voit donc que, lors du gel, le développement des lamelles de glace, qui s'effectue suivant des plans faisant un angle d'environ 30° avec l'axe du cylindre de terre, en provoque la division. Celle-ci est d'autant plus poussée que les bâtonnets ayant été au contact du sol ont pu maintenir et même accroître leur humidité, l'effet produit paraît ainsi en liaison directe avec la teneur en eau des échantillons.

PALÉONTOLOGIE. — *Les Stégocéphales du Nord-Ouest de Madagascar.* Note de M. **Jean-Pierre Lehman**, présentée par M. Charles Jacob.

Tandis que l'on connaissait la présence de Stégocéphales dans le Sud-Ouest de Madagascar depuis 1926 (*Rhinesuchus*; J. Piveteau), les Stégocéphales du Nord-Ouest de l'île n'ont jusqu'ici jamais été décrits : seuls quelques fragments avaient été récoltés avant guerre [1] et avaient été rapprochés de *Capitosaurus*.

[1] Gouvernement général Madagascar (*Ann. Serv. Mines.*, fasc. n° 12, 1946, p. 14).

J'ai pu recueillir dernièrement une assez riche faune de Stégocéphales triasiques dans les niveaux à Poissons de l'Eotrias inférieur marin du Nord-Ouest de l'île (environs d'Ambilobe). M. Nielsen m'a, d'autre part,



confié d'autres Stégocéphales qu'il avait collectés dans la même région en 1953. La plupart des spécimens observés appartiennent aux *Benthosuchidæ* (famille des Stéréospondyles voisine des *Capitosauridæ*); ils possèdent, en effet, des cavités orbitaires assez grandes plus développées que chez les *Capitosauridæ* en général; leurs narines externes sont également grandes et éloignées du bord antérieur du museau; les sutures du parasphénoïde et des ptérygoïdes sont presque antéropostérieures, non obliques; les dents du vomer sont disposées en V et non en ligne droite. Le frontal vient en contact avec l'orbite; Romer ([2]) avait estimé que cette disposition caractérisait exclusivement les *Capitosauridæ*, mais chez *Benthosuchus*, dans les exemplaires jeunes, Bystrow et Efremov ([3]) ont noté que le frontal pouvait atteindre l'orbite; ce caractère est donc probablement peu important.

La forme générale du crâne, la largeur des apophyses des tabulaires et le grand développement des os nasaux permettent de classer au moins quelques uns de ces *Benthosuchidæ* dans le genre *Wetlugasaurus* (*figure de droite*) connu par ailleurs dans l'Eotrias russe (Timan méridional), au Groenland oriental et peut-être en Afrique du Sud. Le matériel contient aussi des *Benthosuchidæ* jeunes à crâne triangulaire court, à orbites très larges, à narines éloignées et à fosse pinéale assez antérieure située juste au niveau du bord postérieur des orbites. On sait que les faunes de Poissons de l'Eotrias de Madagascar et du Groenland sont voisines; la présence de *Wetlugasaurus* et celle d'un nouveau Trématosaure à Madagascar prouve que l'analogie des faunes avec le domaine nordique s'étendait aux Stégocéphales. Ce Trématosaure est un nouveau genre, *Wantzosaurus*, qui rapelle *Aphaneramma* (crâne assez élevé, tête très allongée surtout en avant des orbites, narines externes s'ouvrant loin en arrière de l'extrémité du museau); cependant, chez *Wantzosaurus* (*figure de gauche*) les apophyses des tabulaires sont peu développées et par suite les échancrures otiques sont peu profondes. *Aphaneramma* est une forme marine connue surtout au Spitzberg; par contre, les *Benthosuchidæ* proviennent, en Russie, de formations d'eau douce. L'association *Aphaneramma-Benthosuchidæ* à Madagascar confirme donc bien que l'Eotrias de Madagascar devait être marin, mais littoral.

GÉOPHYSIQUE. — *Sur la comparaison d'anomalies gravimétriques et magnétiques au Sahara.* Note (*) de MM. JEAN CASTET et JEAN LAGRULA, présentée par M. Pierre Lejay.

Nous avons confronté deux séries de résultats concernant g et Z obtenus

([2]) *Bull. Harvard Museum Compar. Zool.* 99, 1947, p. 315.
([3]) *Trav. Inst. Paléont. Acad. Sci., U. R. S. S.*, 10, fasc. 1, 1940, p. 37.

(*) Séance du 27 juin 1955.

au cours d'une mission commune, en 1953, sur les itinéraires Médéa-Tamanrasset, Tamanrasset-Djanet, Tamanrasset-Timissao, In Salah-Amguid-Fort-Flatters-Ohanet, Fort-Flatters-Ouargla.

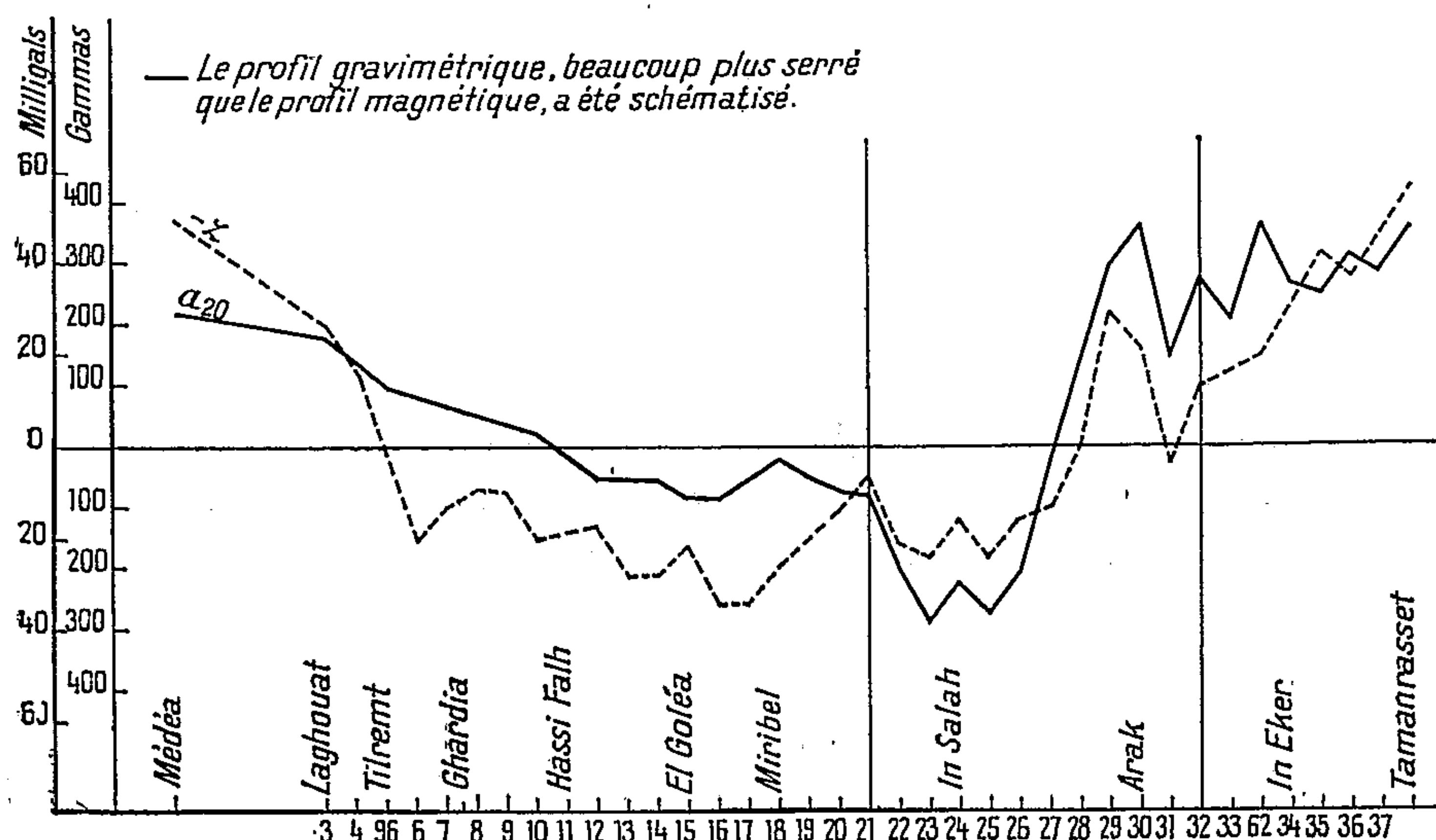
On ne saurait utilement comparer les valeurs brutes de g et Z. A partir des premières on a calculé les anomalies isostatiques a_{20}, a_{30}, a_{40}, a_{60}, pour les profondeurs T de compensation 20, 30, 40 et 60 km. On a finalement retenu a_{20} qui semble fournir la meilleure représentation structurale. Dans la présente comparaison, remarquons-le, c'est également a_{20} qui paraît préférable; on regrette même l'inexistence de tables numériques pour $T < 20$ km.

Quant aux valeurs Z de la composante verticale du champ magnétique terrestre, une fois réduites à la même époque (1953, 0), elles sont fonction de la latitude géomagnétique. Par une méthode purement empirique, nous définissons les anomalies z au moyen de la formule provisoire (sans terme en longitude ni terme du deuxième ordre en latitude) :

$$z = Z - 1130\,\lambda + 7\,370,$$

où z et Z sont exprimés en γ, où λ est la latitude géographique en degrés et où la constante 7 370 ne sert qu'à diminuer les $|z|$.

La comparaison des valeurs de z et a_{20} conduit aux constatations suivantes : la corrélation entre anomalies gravimétriques et magnétiques, très marquée en certaines régions, est assez floue en d'autres; là où elle est très marquée, elle fait intervenir un changement de signe : ce n'est pas z qui est comparable à a_{20}, mais à un facteur près, $-z$.



Sur le graphique ci-contre, on a porté le profil Médéa-Tamanrasset par la piste impériale n° 1; 10 mgal correspondent à 75 γ; a_{20} varie de -36 à $+48$ mgal, $-z$ de -250 à $+470\,\gamma$.

De Médéa (+ 29) à la région d'In Salah, a_{20} diminue graduellement, avec de petites fluctuations, jusqu'à — 38. De son côté — z diminue de + 470 à — 250. Mais la variation est plus brutale que pour a_{20} et le minimum plus vite atteint (entre El Goléa et Fort-Miribel). Dans cette partie du profil, on peut dire que a_{20} et — z ont un air de parenté. De la station 21 à la station 32, il y a corrélation très nette, puis de nouveau, jusqu'à Tamanrasset, air de parenté.

A quoi tient le signe de la corrélation ? Il pourrait s'agir d'une inversion polaire ([1]), de roches peu magnétiques ([2]) amenées au voisinage de la surface par les remontées du socle, ou d'hétérogénéités ([3]) de ce dernier.

A quoi tient, entre les stations 21 et 32, le caractère de la corrélation, que nous ne retrouvons, aussi marquée, sur les autres profils, qu'entre In Salah et Amguid ? Dans les deux cas, les terrains de surface sont plus anciens que le crétacé supérieur et exempts de roches volcaniques. La documentation magnétique actuelle ne permet aucune généralisation. Il serait très utile de la compléter.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE — *Essais d'isolement des substances excito-formatrices du lait de coco.* Note de MM. **Louis Duhamet** et **Charles Mentzer**, présentée par M. Roger Heim.

La croissance *in vitro* des tissus de Crown-Gall de Scorsonère peut servir de test biologique pour apprécier la présence dans le lait de coco de principes excito-formateurs différents des auxines. On peut obtenir par chromatographie sur poudre de bois d'un extrait butanolique des fractions actives et mettre en évidence l'existence de principes inhibiteurs.

Afin de rechercher la nature des principes excito-formateurs du lait de coco, nous avons réalisé de novembre 1950 à décembre 1952 des fractionnements de ce liquide; nous avons fait agir les produits obtenus sur des tissus de Crown-Gall de Scorsonère qui prolifèrent activement sous l'influence du lait de coco, mais sont insensibles aux auxines qu'il contient ([1]). Ces tissus furent cultivés suivant la technique de Gautheret sur des milieux ([1]) additionnés des produits de fractionnement.

Les principes actifs peuvent se concentrer dans l'éthanol, puis dans le

---

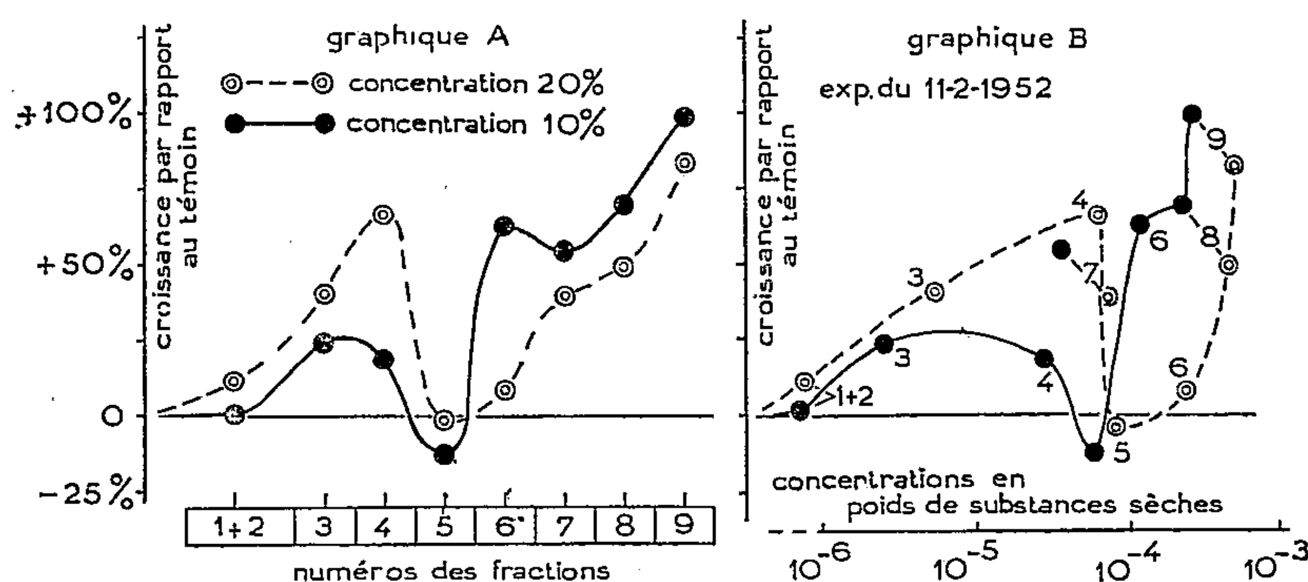
([1]) Asger Lundbak, *Congrès Géologique International*, Alger, 1952, fasc. IX, p. 135.

([2]) Sparangen, in *Méthodes Géophysiques* par P. Geoffroy et P. Charrin, *Publications de la Carte géologique de l'Algérie*, p. 165.

([3]) V. E. Barnes, F. Romberg et W. A. Anderson, *Congrès Géologique International*, Alger, 1952, fasc. IX, p. 151.

([1]) L. Duhamet, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 770; *C. R. Soc. Biol.*, 145, 1951, p. 1781.

butanol (²). A partir d'une solution butanolique, qui à une concentration équivalente à 10 % de lait de coco (³) titrait en substances sèches $5,9.10^{-4}$ et agissait sensiblement comme 10 % de lait de coco frais en doublant la vitesse de croissance des témoins, nous avons réalisé un fractionnement par chromatographie sur poudre de bois (⁴). L'élution, effectuée au moyen de butanol saturé d'eau, permit de recueillir neuf fractions (⁵). Celles-ci, après concentration sous vide pour éliminer le butanol, furent incorporées à des milieux de cultures à des concentrations de l'ordre de 10 et de 20 % (exprimées en volumes de lait initial).



Action sur la croissance des tissus de Crown-Gall de Scorsonère des produits isolés, par chromatographie de partage sur poudre de bois, à partir d'un extrait butanolique de lait de coco. Les taux d'accélération (ou d'inhibition) obtenus en présence des différentes fractions sont calculés par rapport aux accroissements de poids frais des fragments tissulaires développés sur le milieu témoin. Dans le graphique A toutes les fractions sont employées à deux concentrations correspondant à une addition de 10 ou de 20 % de lait de coco au milieu de culture. Le graphique B représente les mêmes résultats mais les exprime en concentrations de substances sèches pour les deux doses utilisées.

Les graphiques A et B indiquent les pourcentages d'accélération ou d'inhibition de la croissance par rapport au témoin. Les courbes du graphique A correspondent à l'action de chaque fraction pour des concentrations équivalentes à 10 et à 20 % de lait initial. Dans l'ensemble, les fractions recueillies sont de plus en plus actives à mesure que le fractionnement se poursuit, toutefois la fraction 5 est, suivant la dose utilisée,

(²) L'alcool butylique ne permet qu'une séparation partielle : en traitant le résidu aqueux des épuisements butanoliques par l'acétate de mercure, on obtient un précipité qui, après décomposition par H_2S, puis élimination de celui-ci, est à la concentration de $2,25.10^{-4}$ sensiblement aussi actif que 10 % de lait de coco (cette dose correspond à une addition de substances sèches de 7.10^{-3}) sur la croissance des tissus utilisés.

(³) On suppose que la fraction est ramenée au volume primitif de lait non traité.

(⁴) M. Woolley, du Rockefeller Institute for Medical Research (New-York), nous a confié cette poudre.

(⁵) Notons que la totalité des principes actifs de la fraction butylique n'est pas recueillie puisque le liquide de rinçage de la colonne par l'eau distillée conserve une activité notable.

inhibitrice ou inactive. La fraction 9 agit avec le maximum d'intensité : pour une dose équivalente en volume à 10 % de lait de coco non traité (et correspondant à $2,5.10^{-4}$ en substances sèches), la stimulation est presque de 100 % par rapport au témoin. Le graphique B montre qu'à mesure de l'élution (la fraction 7 mise à part), la concentration en substances sèches augmente. Dans l'ensemble les produits actifs ont été concentrés puisque les teneurs en substances sèches de toutes les fractions sont inférieures à celle de la fraction butylique initiale bien que l'activité des dernières soit au moins égale. On peut conclure que les principes actifs se concentrent dans les dernières fractions qui renferment les produits les plus solubles dans l'eau, mais existent aussi dans les premières telles que 3 et 4 permettant une prolifération plus active si l'on en double la concentration dans le milieu de culture. Une substance toxique, présente surtout dans la fraction 5, bloque complètement l'action stimulante, puis dans les fractions suivantes s'épuise progressivement; sa présence explique toutefois les effets plus faibles observés régulièrement lorsque la concentration des dernières fractions passe de 10 à 20 %.

Nos résultats ne sont pas en tous points semblables à ceux de Shantz et Steward : les substances isolées par ces auteurs ne sont actives qu'en présence d'hydrolysat de caséine [6], tandis que nos extraits manifestent leur action en l'absence d'hydrolysat. Il y a cependant lieu de noter que toutes nos fractions renferment encore des acides aminés dont l'étude est en cours et qui se trouvent normalement dans le lait de coco. D'autre part nous avons décelé dans ce liquide la présence de principes toxiques dont le fractionnement est possible grâce à la chromatographie de partage sur poudre de bois.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur la présence de fructosanes cher* Dasycladus vermicularis (*Scopoli*) *Krasser*. Note de M[lle] **Marie-Louise du Mérac**, présentée par M. Roger Heim.

Certaines espèces ont le pouvoir d'élaborer des polyholosides du fructose. De telles espèces fructosanifères ont été jusqu'à présent observées surtout chez les Angiospermes; il s'en trouve aussi parmi les Chlorophycées, dans les Dasycladales. La présente Note fait connaître l'existence d'un chimisme à glucofructosanes dans le genre *Dasycladus*, et en souligne le grand intérêt systématique.

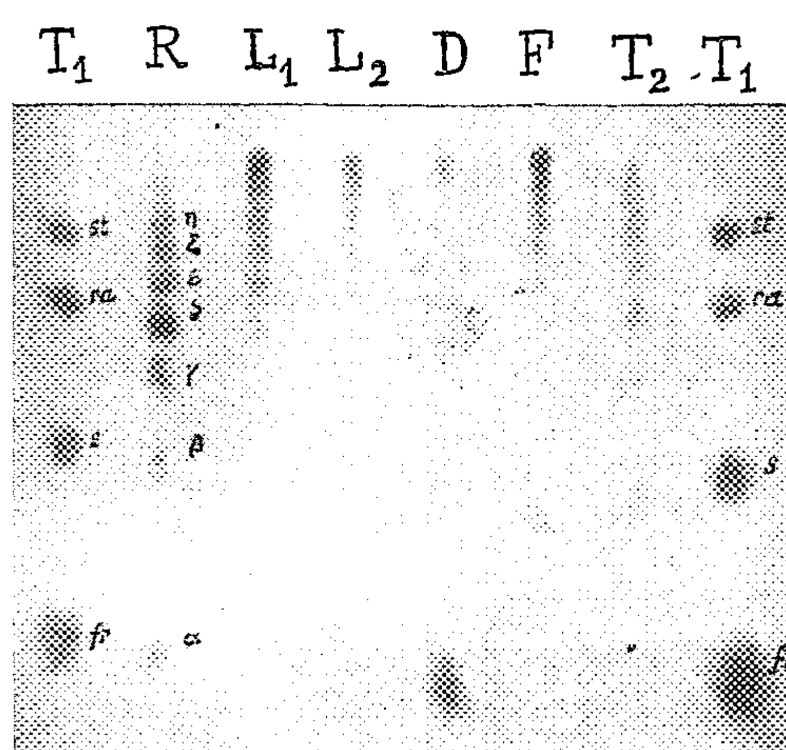
L'ordre des Dasycladales est un groupe naturel d'origine très ancienne puisqu'il est représenté dès l'Ordovicien. Très nombreux à l'ère primaire et au Trias, il ne compte aujourd'hui qu'une dizaine de genres vivants répartis surtout

---

([6]) *J. Amer. Chem., Soc.* **74**, 1952, p. 6133.

dans les régions tropicales et subtropicales. Deux espèces cependant, *Acetabularia mediterranea* Lamx. et *Dasycladus vermicularis* (Scopoli) Krasser, se rencontrent en diverses localités de la Méditerranée française où elles se développent en colonies.

La première d'entre elles a déjà fait l'objet d'examens micro- et macrochimiques. Son contenu glucidique est remarquable, on y observe en effet, conjointement à l'absence d'amidon, la présence d'une fructosane ayant tous les caractères de l'inuline (1). Aucune donnée par contre n'a été apportée jusqu'à ce jour relativement aux glucides du genre monospécifique *Dasycladus*.



Fructosanes de *D. vermicularis* : chromatogramme d'écoulement (2 jours). Entraîneur : butanol-éthanol-eau; révélateur à l'urée. — Les témoins contiennent, en T_1 du stachyose *st*, du raffinose *ra*, du saccharose *s*, du fructose *fr*; en T_2 les fructosanes de *Pancratium maritimum*.

La récolte de cette algue et sa fixation en de bonnes conditions pour l'analyse m'ont été facilitées au Laboratoire de Villefranche. Voici les premiers résultats de l'étude entreprise concernant les thalles dressés d'algues non fructifiées, récoltées en juillet. A l'état frais, cent thalles pèsent en moyenne 26 g. Ils laissent, après séjour à l'étuve à 110°, 5,46 g de substance sèche; après calcination au rouge sombre, 3 g de cendres provenant pour une bonne part de fragments minéraux étrangers inséparables du thalle en raison de sa structure verticillée. La substance organique y représente donc seulement 45 % du sec.

Ces algues, riches en chloroplastes, n'élaborent pas l'amidon, pas davantage d'inuline, mais un ensemble de glucofructosanes (4,8 % du sec) solubles dans l'alcool à 85° à l'ébullition, accompagnées de fructose libre (1,6 % du sec) et de traces de saccharose. En même temps que les fructosanes, le solvant entraîne une substance tanoïde présente dans les vacuoles, colorable en vert

(1) *Rev. Gén. Bot.*, 60, 1953, p. 689.

par le chlorure ferrique. On l'écarte en filtrant, après concentration, les extraits alcooliques où elle se dépose alors à l'état de poudre brune amorphe. La liqueur glucidique est ensuite purifiée selon les procédés habituels (*loc. cit.*, § II). La multiplicité des fructosanes qu'elle renferme est facilement décelée par chromatographie sur papier. Les chromatogrammes L_1, L_2 ont été réalisés aux concentrations respectives de 4 et 2 %. La nature des composants de tête est telle que, même dans une solution dont la teneur en fructosanes atteint 10 %, leur dérivé barytique exige l'affusion d'alcool pour être séparé à l'état de précipité. Le produit qu'on en régénère a un pouvoir rotatoire global de — 44° qui s'abaisse à — 85° après hydrolyse acide. Il fournit, à concentration de 4 %, le chromatogramme F. Dans la fraction de queue, il reste 1/30e environ des sucres, non précipitables dans ces conditions.

Le chromatogramme R représente, à concentration de 20 %, les constituants de cette liqueur résiduelle. Le fructose (tache α) et le saccharose (tache β) s'y trouvent réunis en totalité, en moindre proportion cependant que les cinq termes les plus entraînables de la série de fructosanes (taches γ, δ, ε, ζ, η), accumulés en majeure partie à côté d'eux. Après action prolongée de la sucrase, à pH 6, sur l'extrait total, le chromatogramme D ne décèle que du fructose et un reste de la portion la moins entraînable.

La découverte, chez *Dasycladus*, d'un tel chimisme à fructosanes prend un particulier intérêt rapproché des données de la Systématique. Dans le grand groupe des Chlorophycées Siphonées, les Dasycladales sont nettement individualisées par leur morphologie et leur cytologie. Leur unité très accusée qui s'impose depuis longtemps à l'attention des Algologues (²) se trouve, pour les deux cas aujourd'hui connus, profondément marquée jusque dans leur biochimie. Il est curieux de noter pour *Dasycladus* un état moléculaire des polyholosides moins condensé que pour *Acetabularia*, genre sans conteste le plus évolué morphologiquement.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur la présence des enzymes des uréïdes glyoxyliques chez les Algues d'eau douce.* Note de M. **Serge Villeret**, présentée par M. Raoul Combes.

La présence des enzymes des uréïdes glyoxyliques a été reconnue chez les Algues d'eau douce testées. L'activité enzymatique est très variable selon les espèces, mais sans rapport avec la systématique.

Les uréïdes glyoxyliques, allantoïne et acide allantoïque, sont largement répandus chez les végétaux; cependant, on ne possède aucune donnée

(²) J. Feldmann, *Rev. Gén. Bot.*, 50, 1938, p. 571; L. Eubank Egerod, *University California publ. in Bot.*, 25, 1952, p. 325.

sur leur présence chez les Algues. De même, les enzymes correspondants, allantoïnase et allantoïcase, qui interviennent dans la dégradation de ces uréïdes pour donner, *in fine*, de l'acide glyoxylique et de l'urée, n'ont pas encore été signalés dans ce groupe.

En partant de cultures pures, sur milieu minéral ou peptoné, nous avons mis en évidence, chez les Algues d'eau douce, la présence de l'allantoïnase et celle, beaucoup moins fréquente, de l'allantoïcase et d'uréïdes glyoxyliques.

La recherche des enzymes a été faite selon la méthode classique ([1]). Toutefois, pour l'allantoïcase, on a opéré en présence de chlorhydrate de phénylhydrazine qui bloque l'acide glyoxylique prenant naissance dans la réaction ([2]), ([3]). L'acide glyoxylique est alors dosé au photocolorimètre, après réaction phénylhydrazinique.

Protocole expérimental.

	E.	T_1.	T_2.
Substrats en solution à 1 $^0/_{00}$ dans le tampon phosphate-soude de pH 7,3 (ml)	4	–	4
Tampon phosphate-soude de pH 7,3 (ml)	–	4	–
Poudre d'Algues séchées sous vide (mg)	40	40	–
Toluène (gouttes)	2	2	2
Durée d'action, au bain-marie, à 38° (h)	2	2	2

Le témoin T_1 permet de déterminer si, dans nos conditions expérimentales, les Algues essayées renferment des uréïdes. Le témoin T_2 permet de vérifier que les uréïdes ne subissent pas spontanément, au pH retenu, un début d'hydrolyse.

Les résultats de nos recherches, qui ont porté sur 21 espèces ou races d'Algues, sont résumés dans le tableau ci-après.

Dans ce tableau, l'activité de l'allantoïnase est exprimée en milligrammes d'allantoïne transformée par 10 g de poids sec d'Algues. Pour l'allantoïcase, les résultats sont qualitatifs, les croix indiquant une réaction enzymatique positive.

Les témoins T_1 ont révélé la présence d'uréïdes en très faible quantité chez *Cosmarium impressulum* et *Zygnema circumcarinatum*, race ♀.

Ainsi, toutes les Algues testées manifestent une activité allantoïnolytique, à des degrés divers et sans rapport avec la position systématique. Dans un même genre, les variations d'activité sont grandes d'une espèce à l'autre. La différenciation sexuelle ne semble pas avoir d'influence sur le comportement des espèces, en ce qui concerne les *Zygnema*. L'activité

([1]) A. Brunel, *Traité pratique de Chimie végétale*, 3, p. 522 et 621, G. Frère, Tourcoing.

([2]) Brunel-Capelle, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 1979.

([3]) Brunel-Capelle, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 2224.

allantoïcolytique est moins sensible et beaucoup moins répandue dans les espèces étudiées. Elle est également sans rapport avec l'activité allantoïnolytique et, par conséquent, se pose la question du métabolisme de l'allantoïne et le devenir de l'acide allantoïque chez les Algues qui manifestent une teneur élevée en allantoïnase mais pas d'allantoïcase.

Nom de l'espèce.	Allantoïnase.	Allantoïcase.
CHLOROPHYCÉES.		
Volvocales.		
Chlamydomonas humicola Lucksch	41	0
Pandorina morum Bory	45	0
Chlorococcales.		
Chlorella pyrenoidosa Chick	23,5	0
» *vulgaris* Beij	13,5	0
Desmidiales.		
Staurastrum inflexum Bréb	27,5	+
» *teliferum* Ralfs	143	+
Cosmarium formosulum Hoff	11	+
» *impressulum* Elfv	93	+
» *margaritiferum* (Turp.) Menegh	11	+
» *tetraophthalmum* Bréb	22,5	0
Zygnémales.		
Zygnema circumcarinatum Czurda, race ♂	187,5	0
» » » , race ♀	185	0
» *peliosporum* Wittr., race ♂	5	0
» » » , race ♀	12,5	0
» *sp.* (stérile)	17,5	0
XANTHOPHYCÉES.		
Pleurochloris commutata Vischer	6	0
» *magma* Petersen	200	0
Bumilleria sicula Borzi	16,5	0
DIATOMACÉES.		
Nitzschia closterium fa minutissima Allen et Nelson	70	0
CYANOPHYCÉES.		
Anabæna cylindrica Lemm	6	0
Calothrix parietina Thur	5	0

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur la germination des graines d'Euphorbe, en particulier* Euphorbia exigua *L. et* E. Lathyris *L.* Note de MM. **Robert Echevin** et **Medhat Cherif el Chichini**, présentée par M. Raoul Combes.

Ces essais ont porté sur 67 espèces de graines du genre *Euphorbia*, en vue d'examiner l'action de différents facteurs du milieu sur la germination;

la mise au germoir, à l'étuve à 20°C, a été effectuée soit dès la récolte des graines, soit un an ou deux ans plus tard.

La lumière continue n'exerce, en général, aucun rôle favorable, sauf sur les graines d'*Euphorbia heptagona* L. qui fournissent 100 % de graines germées après 10 jours d'exposition à la lumière tandis qu'il n'y a aucune germination à l'obscurité même au 30e jour. Par contre les graines d'*E. Cyparissias* L., *E. dendroides* L., *E. Gerardiana* Jacq., *E. humifusa* Willd., *E. Kerneri* Huter, qui fournissent, au bout de 30 jours à l'obscurité, de 10 à 70 % de plantules, ne donnent, pendant le même temps, aucune germination en lumière continue.

Le tiers environ des espèces mises à germer un an ou deux ans après la récolte, en présence ou en l'absence de lumière, ne fournissent aucune levée au 30e jour; ces graines présentent une dormance qui, pour certaines d'entre elles, notamment *E. corsica* Requien, *E. melapetala* Gasparr., *E. Myrsinites* L., *E. Characias* L., *E. Ipecacuanha* L., est due à une action mécanique du tégument, l'immersion des graines, pendant 2 mn dans l'acide sulfurique concentré, avant la mise au germoir, permet, en effet, par scarification du tégument, d'obtenir un très bon rendement de germination.

Le traitement par l'acide sulfurique s'est révélé complètement inefficace sur les autres graines dormantes, en particulier sur les graines d'*E. exigua* L. et *E. Lathyris* L.

En ce qui concerne *E. exigua*, différents lots de graines ont été soumis à l'action de nombreux réactifs, un mois après leur récolte et avant la mise au germoir, en vue d'augmenter le pourcentage de germination des lots témoins qui, à l'obscurité, ne fournissent en moyenne que 16 % de levées. Seul le traitement des graines par une solution d'acide borique à 4 %, pendant 24 h, améliore très nettement la germination qui fournit alors 42 % de graines levées après 15 jours au germoir à l'obscurité, ou 54 % lorsque, chaque jour et pendant toute la durée de l'expérience, les lots de graines sont soumis alternativement à la température de 20° C pendant 18 h à l'étuve et pendant 6 h à la température de 2,5° C à la chambre froide. La stratification favorise donc considérablement la levée de la dormance.

Les graines d'*E. Lathyris* sont dormantes dès la récolte; placées dans les conditions normales de germination, on n'observe aucune levée, ni à la lumière, ni à l'obscurité, même après 30 jours de séjour au germoir. Par contre si on enlève le tégument, les amandes fournissent, après 5 ou 6 jours à l'obscurité, 100 % de plantules bien développées atteignant 90 mm de longueur en moyenne. Cette action inhibitrice totale du tégument pourrait être attribuée à sa résistance mécanique; en effet si on le sectionne en limitant l'incision à la moitié de la ligne méridienne, les graines ne germent

pas; lorsque l'incision porte sur la totalité de la circonférence méridienne, toutes les graines germent mais le développement des plantules est stoppé dès le 3e jour alors qu'elles n'atteignent que 15 mm en moyenne.

Cet arrêt dans le développement est dû à une substance inhibitrice d'origine tégumentaire. Les téguments, séparés des amandes, ont été réduits en poudre soumise, au Soxhlet, à l'épuisement par l'eau distillée à 100° C; le liquide d'épuisement, filtré limpide, présente une teinte brunâtre. Des lots d'amandes provenant de graines nouvellement récoltées, ont été mis en germination, à l'obscurité, sur des cotons humidifiés par le liquide d'épuisement, en présence de lots témoins; ceux-ci ont donné, au bout de 15 jours 100 % de plantules bien développées; les lots constitués par les amandes au contact de l'extrait ne fournissent que 60 % de plantules peu développées — 6 mm en moyenne — qui meurent dès le 20e jour en présentant une radicule nécrosée. Un extrait aqueux de téguments obtenu en plaçant la poudre au contact d'eau distillée, à l'étuve, pendant 24 h à 50° C, est encore plus actif : on n'obtient plus aucune germination.

L'action de l'inhibiteur n'est pas spécifique, il bloque entièrement la germination de semences de blé. Les différentes graines, placées en état d'inhibition totale par contact avec l'extrait de tégument fournissent de 30 à 40 % de germination après avoir été lavées plusieurs fois et mises à germer sur du coton mouillé exempt de substance inhibitrice.

A partir du 7e mois de conservation des graines au sec, les embryons perdent peu à peu leur faculté germinative; les amandes prélevées dans des graines d'un an, soustraites par conséquent à l'inhibition tégumentaire, ne germent plus; elles restent turgescentes; le traitement des coupes par les sels de tétrazolium montre que l'embryon est demeuré vivant; il s'agit ici d'une dormance secondaire qui frappe l'embryon et subsiste pendant 6 à 12 mois en s'atténuant graduellement. Les amandes prélevées plus tard, dans des graines de deux ans, germent dans la proportion de 30 à 40 %; la germination est paresseuse, la plantule est peu développée. Par contre les graines entières du même âge fournissent 50 à 70 % de plantules vigoureuses, bien développées.

On peut ainsi distinguer, au cours des deux années de stockage après la récolte, trois périodes dans la faculté germinative des graines d'*E. Lathyris* : *a.* une première période au cours de laquelle l'embryon est capable de germer immédiatement s'il est soustrait à l'influence d'une substance inhibitrice élaborée par le tégument; *b.* une deuxième période où l'embryon entre en dormance; *c.* dans la troisième période la dormance embryonnaire est levée; non seulement on voit disparaître l'action inhibitrice que possédait le tégument au cours de la première période, mais celui-ci exerce, au contraire une action stimulante sur la germination. Tout se passe comme si l'inhibiteur se transformait peu à peu en substance stimulante.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Rôle du calcaire dans l'assimilation de l'azote ammoniacal.* Note de M. **Pierre Gouny**, présentée par M. Maurice Lemoigne.

On sait depuis les travaux de Müntz et de Mazé, que les sels ammoniacaux peuvent au même titre que les nitrates, assurer la nutrition azotée des végétaux. Toutefois ils exigent pour être assimilés, la présence de carbonate de calcium dans le milieu de culture. Cette observation a été depuis lors maintes fois répétée, notamment par Prianischnikow et ses élèves. Seules les plantes dont le suc cellulaire présente une acidité suffisante, sont susceptibles de s'accommoder de la nutrition azotée *exclusivement* ammoniacale, en l'absence de calcaire.

Ces observations sur la présence indispensable du carbonate de calcium, découlent d'expériences effectuées en milieu artificiel. L'explication généralement admise est que l'azote ammoniacal ne peut être utilisé qu'à un pH supérieur à 7. Or l'absorption de l'ion ammonium par la plante, a pour corollaire, l'acidification du milieu nutritif. La présence du carbonate de calcium est alors indispensable pour assurer la neutralisation des acides minéraux résiduels.

En fait, dans les sols calcaires, les particules de carbonate de calcium sont en contact étroit avec les surfaces radiculaires : elles sont alors susceptibles d'exercer une action directe sur la nutrition minérale du végétal et notamment sur l'assimilation des cations.

Protocole expérimental et résultats. — Nous avons repris l'étude de la nutrition ammoniacale avec la technique des cultures sur sable inerte avec solution nutritive coulante. La culture sur sable permet le développement des racines dans un milieu de structure discontinue rappelant celle du sol. D'autre part, l'emploi des solutions coulantes permet de réduire au minimum le temps de contact entre la solution nutritive et les racines; elle assure ainsi l'élimination des acides minéraux résiduels dès leur apparition et empêche l'acidification excessive du milieu.

Pour analyser l'action du calcaire, du carbonate de calcium était mélangé intimement au sable de certains pots de culture, à raison de 30 g de carbonate de calcium par kilogramme de sable.

Nous avons pu ainsi comparer le comportement de diverses espèces végétales (*Zea mays*, *Pisum sativum*, *Lupinus albus*) alimentées, soit avec une solution nitrique, soit avec une solution ammoniacale, en présence et en l'absence de calcaire. La concentration en ions calcium des deux solutions nitrique et ammoniacale était identique. Enfin en présence de calcaire, toutes précautions étaient prises dans le cas de la solution ammoniacale pour éviter la nitrification.

Nos observations ont essentiellement porté, d'une part sur la croissance des plantes, d'autre part sur leur constitution biochimique :

1° *Croissance des plantes.* — La nutrition ammoniacale entraîne une chute de rendement et des accidents végétatifs, qui disparaissent en présence de calcaire, sauf pour le lupin (chlorose).

2° *Composition minérale.* — On observe chez les plantes recevant la solution ammoniacale, une forte réduction dans la pénétration des cations K, Ca, Mg, alors que l'azote s'accumule. En présence de calcaire le taux de cations retrouve une valeur normale, tandis que la quantité d'azote augmente encore.

3° *Acides organiques.* — La teneur en anions organiques de ces mêmes plantes, présente une diminution très marquée, mais cette diminution porte essentiellement sur la fraction combinée. Il en résulte une baisse de pH du suc cellulaire. En présence de calcaire le déficit en acides organiques s'atténue fortement.

4° *Formes de l'azote dans la plante.* — La fraction protéique est sensiblement la même, que l'azote soit fourni sous forme nitrique ou sous forme ammoniacale. Par contre les plantes recevant une nutrition ammoniacale présentent un taux d'azote soluble organique élevé pouvant représenter 50% de l'azote protéique. En présence de calcaire, cette accumulation d'azote soluble s'amplifie.

5° *Glucides.* — On note dans les séries ammoniacales, une diminution du taux de sucre réducteur et non réducteur. Cette diminution devient plus accusée en présence de calcaire.

Malgré l'élimination des acides minéraux résiduels, la nutrition exclusivement ammoniacale ne permet donc pas en l'absence de calcaire, le développement de certaines espèces végétales.

Chez les espèces non sensibles à la chlorose calcaire, l'introduction du carbonate de calcium dans le milieu de culture entraîne la disparition des accidents végétatifs observés. En même temps, certaines particularités biochimiques des tissus végétaux disparaissent (déficit en cations et en acides organiques) tandis que d'autres s'accentuent (accumulation de l'azote non protéique, diminution du taux de glucide).

Conclusion. — Il est naturel d'imputer les accidents végétatifs observés en milieu neutre, aux troubles du métabolisme qui disparaissent du fait de la présence de calcaire : déficit en cations minéraux et en acides organiques.

On sait par ailleurs que la teneur en acides organiques de la plante est en rapport direct avec la quantité de cations minéraux absorbés. L'absorption des cations revêt ainsi une importance primordiale.

D'après les conceptions modernes, celle-ci est réglée directement par la concentration relative des divers cations au niveau de la surface radiculaire.

La présence du cation NH_4^+ et sa facilité de pénétration dans la plante, entraîne l'apparition au niveau de la racine, d'une importante quantité d'ions H^+. L'absorption des cations métalliques se trouve alors freinée par la compétition des ions NH_4^+ présents et des ions H^+ apparus.

Dans un milieu discontinu le carbonate de calcium, grâce à son extrême division, se trouve en contact intime avec tous les éléments radiculaires et assure la neutralisation immédiate des ions H^+ dès leur apparition. La pénétration des cations dans la plante redevenant normale, les effets néfastes de la nutrition ammoniacale disparaissent.

HISTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Croissance de la racine séminale temporaire de* Drosera rotundifolia L. *et destinée des cellules apicales hypophysaires.* Note de Mme **Anna Favard**, présentée par M. Raoul Combes.

La croissance de la racine séminale de *D. rotundifolia* s'effectue non pas à partir d'initiales axiales superposées, mais grâce au méristème subterminal, qui continue de fonctionner même après la formation du méristème de la coiffe. Ce dernier naît des quatre cellules hypophysaires internes, improprement nommées initiales de l'écorce. Les cellules hypophysaires externes n'ont pas de descendance active.

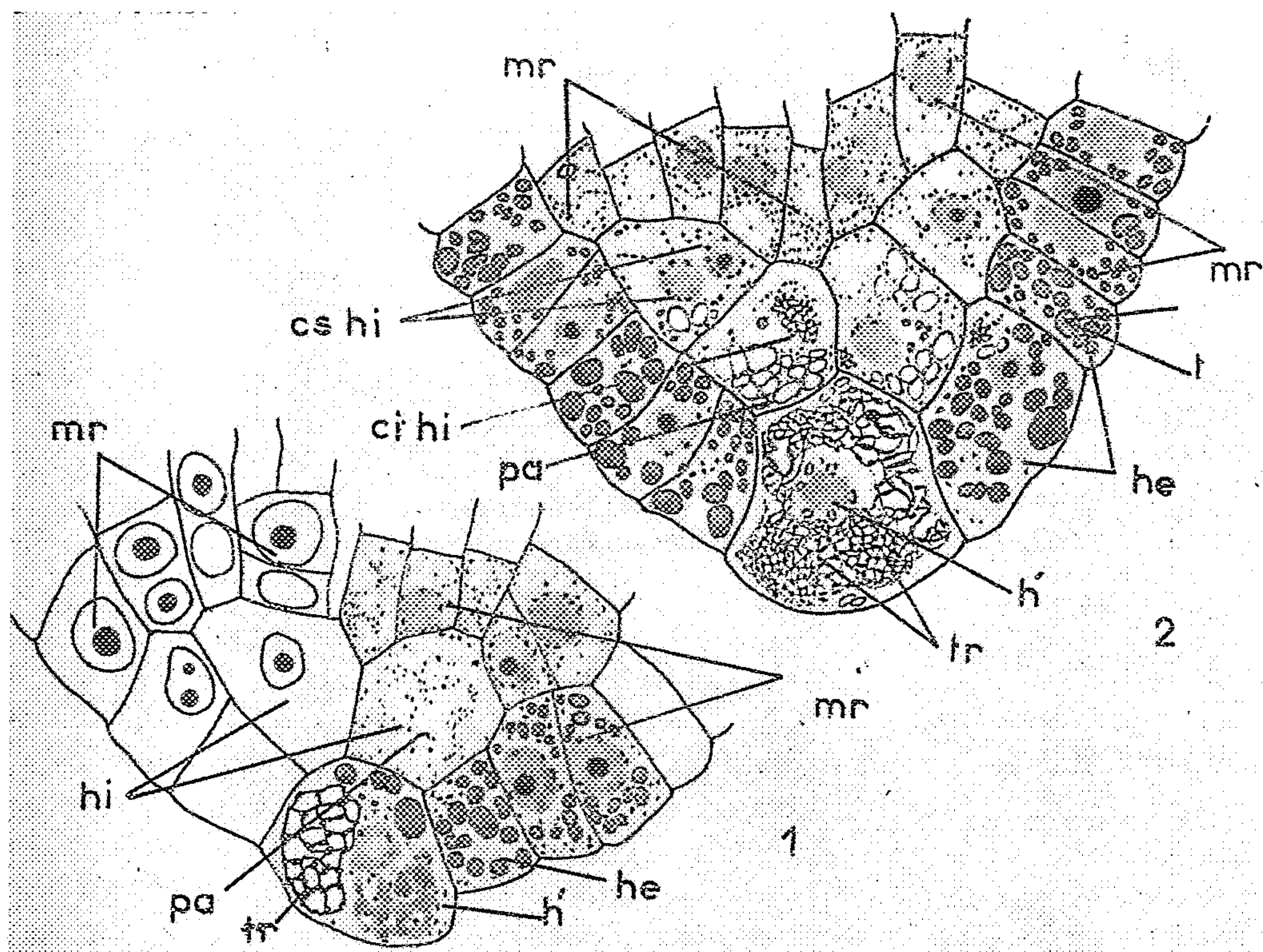
Dans une Note précédente (1), nous avons montré que le méristème radiculaire subapical de *D. rotundifolia,* qui s'individualise à la base de l'hypocotyle, construit la jeune racine rudimentaire avec ses premiers poils absorbants et son procambium, *indépendamment* des cellules terminales apicales *h* et *h'*, qui ne se divisent pas au début de la germination.

Par la suite, au stade où les cotylédons sont encore dans la graine, les cellules intérieures *hi* qui sont restées méristématiques, bien qu'à cytoplasme peu dense et à petit noyau (*fig.* 1), commencent à se diviser, surtout obliquement, le long de la pointe de la racine, mais aussi périclinalement par des cloisons perpendiculaires à l'axe. Au stade suivant, les cellules-filles supérieures sont plus méristématiques tandis que les cellules basales se différencient progressivement, tout en restant cytologiquement distinctes des cellules externes : leurs plastes élaborent de l'amidon et leurs vacuoles s'imprègnent de pigments anthocyaniques rouges. Cette différenciation a d'ailleurs lieu alors que le méristème radiculaire subapical continue à se diviser (*fig.* 2). *L'évolution cytologique des cellules issues des hi, improprement nommées « initiales de l'écorce », nous montre donc que ces dernières élaborent la coiffe.*

Par contre, les cellules terminales *h'* et les cellules externes *he* n'ont pas de descendance active. Sur plus d'une centaine d'échantillons étudiés, elles n'ont jamais présenté de mitoses périclines. Quelques divisions seulement accompagnent l'élargissement de la coiffe. Les cellules qui en résultent, élaborent

(1) *Comptes rendus*, 239, 1954, p. 78.

très tôt de l'amidon (*fig.* 2) et finissent par s'exfolier, de même que les cellules terminales de l'assise pilifère. *Les cellules h' et he ne sont donc pas les « initiales de la coiffe »*.



1. Coupe longitudinale axiale d'une jeune racine avant la formation de la coiffe, Le méristème subterminal est au-dessus de l'hypophyse encore inerte. — 2. Coupe longitudinale axiale d'une racine au moment de la formation de la coiffe. Le méristème subterminal fonctionne toujours. *mr* : méristème radiculaire subterminal; *h'* : cellule hypophysaire terminale; *hi* : cellule hypophysaire interne; *he* : cellule hypophysaire externe; *ci* : cellule-fille inférieure différenciée; *cs* : cellule-fille supérieure plus méristématique; *t* : précipités tannifères en granules; *tr* : précipités tannifères en réseau; *pa* : plastes amylifères. Fixations au Regaud.

La différenciation de cette petite racine provisoire, qui se termine à n'importe quel stade du développement de la plantule — avant ou après la formation des premières feuilles — nous permet de mettre en évidence les faits suivants : 1° la différenciation gagne l'apex en commençant par les assises externes, la partie axiale se différenciant en dernier lieu; 2° le méristème de la coiffe se distingue cytologiquement du méristème axial ou prodesmogène aux premiers stades de la formation de la coiffe; le méristème radiculaire apparaît ainsi placé au-dessus de celui de la coiffe dont il épouse la forme. Ces deux méristèmes ont d'ailleurs une origine tout à fait différente, comme on l'a vu plus haut. Ainsi, le méristème radiculaire n'est nullement régénéré par une ou

plusieurs cellules spéciales provenant de l'hypophyse, comme le suppose Guttenberg (H. von) ([2]) dans son étude sur les racines de plusieurs dicotylédones. C'est le même méristème qui continue de fonctionner. D'autre part, il n'y a pas, dans cette racine très réduite, de cellules centrales inertes, situées entre ces deux méristèmes (*fig.* 2), comme dans le cas du blé ([3]). Nous espérons rechercher s'il en est de même dans la suite de l'évolution de la plante, lors de la formation des premières racines adventives.

La formation de la coiffe à un stade où la racine primordiale est déjà constituée met en évidence la croissance subterminale radiculaire. D'autre part, il est intéressant de voir le passage de la racine primordiale à une racine plus évoluée s'effectuer sans le concours d'initiales axiales spéciales.

LICHÉNOLOGIE. — *Le système apical des asques chez différentes espèces de Lichens des g.* Nephroma, Solorina *et* Peltigera (*Peltigéracées*). Note (*) de Mlle **Marie-Agnès Galinou**, présentée par M. Roger Heim.

Pour cette étude nous avons examiné par les méthodes de M. Chadefaud ([1]) des échantillons provenant de l'herbier du Muséum (Paris) et de l'herbier *H. des Abbayes* (Rennes). Le rouge Congo, la benzoazurine et le vert Janus ne nous ayant donné que des colorations très faibles, nous ne tiendrons compte ici que des résultats obtenus avec le réactif iodo-ioduré.

1° g. *Nephroma* (*fig.* 1). — Dans ce genre la tunique interne des asques ne se colore pas par l'iode, et ne montre aucune différenciation pouvant correspondre à un anneau apical. Par contre, on note des variations de la tunique externe, qui est coiffée d'un revêtement amyloïde. Ce revêtement est gélifié chez *N. expallidum* Nyl., mince chez *N. lusitanicum* Schaer. et *N. arcticum* Torss.; il fait défaut chez *N. lævigatum* Ach. et *N. resupinatum* Ach. Ces variations ne semblent pas avoir de signification particulière. Dans la large ponctuation apicale, on peut reconnaître une nasse apicale, que l'iode rend plus visible, sans la colorer. Elle rappelle, non celle des Pyrénolichens asculoculaires, mais plutôt celle des *Pertusaria* ([2]), sauf quelle n'est pas entourée d'un anneau amyloïde;

2° g. *Peltigera* (*fig.* 2 et 3). — Nous avons pu vérifier et préciser les observations de F. Magne ([3]), sur *P. variolosa* Gyeln., *venosa* Baumg.,

([2]) *Planta*, 35, 1947, p. 360-396.

([3]) R. Buvat et O. Liard, *Comptes rendus*, 236, 1953, p. 1193.

(*) Séance du 27 juin 1955.

([1]) *Rev. de Mycol.*, 7, 1942, p. 57 et *Bull. Soc. Bot. de France*, 93, 1946, p. 128.

([2]) M. A. Galinou et M. Chadefaud, *Comptes rendus*, 237, 1953, p. 1178.

([3]) *Rev. Bryol. et Lichénol.*, 15, 1946, p. 203.

aphtosa Willd., *canina* Willd., *dolichorrhiza* Nyl., *malacea* Funck., *polydactyla* Hoffm., *prætextata* Wain., *rufescens* Humb., *scabrosa* Th. Fr., *scutata* Duby, *spuria* DC. La tunique externe est constamment revêtue au sommet d'une gaine amyloïde plus ou moins gélifiée. Dans la tunique interne on observe au sommet un dôme apical très légèrement amyloïde, formant la paroi de la chambre sous-apicale, et composé d'au moins

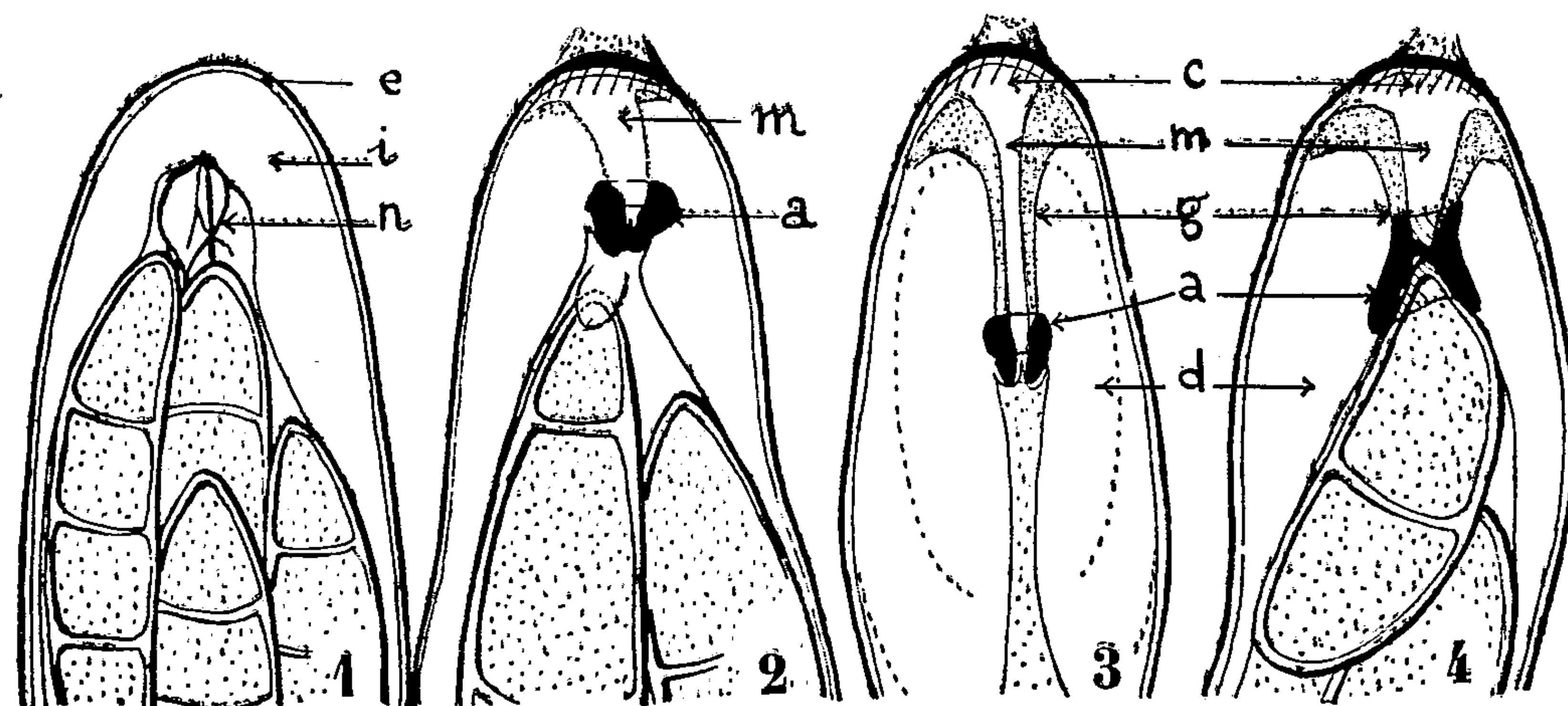


Fig. 1 à 4 : Système apical de *Nephroma resupinatum* (1), de *Peltigera scutata* (2), de *P. venosa* (3), et de *Solorina crocea* (4). (*e*, tunique externe; *i*, tunique interne; *n*, nasse apicale; *c*, coussinet; *m*, manubrium; *g*, gaine amyloïde du manubrium; *a*, anneau; *d*, partie latérale du dôme apical.)

deux couches. Dans l'apex de ce dôme est différencié un coussinet apical plus ou moins distinct, qui se prolonge dans l'axe de l'asque, vers le bas, par un manubrium. Celui-ci est engainé par un manchon amyloïde, dont la partie inférieure est renflée en un double anneau, qui se colore particulièrement bien par l'iode. Ces dispositions sont nettes surtout chez *P. venosa* Baumg., où l'ensemble du manubrium et de sa gaine, en raison de son élasticité, devient très long dans les asques rompus accidentellement et vidés de leurs spores. Elles sont susceptibles d'anomalies fréquentes chez *P. scutata* Duby, où le double anneau est parfois rudimentaire, voire nul.

3° g. *Solorina* (*fig.* 4). — Chez *S. crocea* Ach., *simensis* Hochst., *bispora* Nyl., *crocoïdes* Gyeln et *saccata* Ach., les asques sont du même type que chez *Peltigera venosa*. Toutefois la disposition de l'appareil apical y est souvent assez confuse et elle présente des variantes assez considérables, sur lesquelles il y aura lieu de revenir.

Ainsi l'étude fine des asques conduit à subdiviser la famille classique des Peltigéracées en deux groupes : d'une part les *Nephroma*, à nasse apicale nette et sans anneaux visibles, et d'autre part les *Peltigera* et *Solorina*, à anneaux apicaux amyloïdes très différenciés et complexes, sans nasse nettement visible. Il est remarquable qu'on arrive ainsi à une conclu-

sion déjà formulée par F. et Mme Moreau ([4]), qui d'après de tout autres considérations, notamment la structure des ascogones, avaient subdivisé les Peltigéracées en deux familles distinctes : Peltigéracées vraies (g. *Peltigera* et *Solorina*) et Néphromacées (g. *Nephroma*). Cela semble confirmer que l'appareil apical des asques a bien une valeur systématique importante, comme l'ont montré M. Chadefaud, F. Magne et C. Moreau ([5]). Restera à savoir si ces deux familles sont ou non voisines, problème en connexion avec celui de l'évolution de l'appareil apical.

PHYSIOLOGIE. — *Action de l'ion nitrure sur la consommation d'oxygène chez le mésencéphale de l'embryon de Poulet.* Note (*) de M. **Jacques Gayet**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

A partir du 10e jour de développement l'action inhibitrice de l'ion nitrure sur la consommation d'oxygène endogène chez le mésencéphale de l'embryon de poulet se montre croissante.

On sait que l'ion nitrure semble intervenir comme un inhibiteur, d'une part du système de Warburg-Keilin en se combinant avec le ferricytochrome *c* (réaction réversible) ([1]), d'autre part de certains mécanismes de la phosphorylation en phase aérobie (homogénéisat de tissu rénal) ([2]). Ces deux phénomènes se répercutent, en particulier, sur les modalités de la consommation d'oxygène du tissu nerveux [on l'a montré sur des coupes de cortex cérébral humain ([3]) et sur des ganglions sympathiques cervicaux supérieurs isolés du Lapin ([4])].

Poursuivant nos études sur les mécanismes reliés au métabolisme aérobie à l'intérieur du tissu mésencéphalique au cours du développement de l'embryon de poulet, nous présentons, dans cette Note, les résultats obtenus concernant l'action de l'ion nitrure sur la consommation d'oxygène endogène de ce tissu.

Les embryons appartiennent à la race Rhode-Island; toutes les expériences, conduites dans des conditions strictement identiques, sont exécutées sur des lobes optiques intacts, prélevés et préparés suivant notre

([4]) *Les Lichens*, Le Chevalier, Paris, 1927.

([5]) Cl. Moreau, *Les genres* Sordaria *et* Pleurage (*Encyclopédie mycologique*, Le Chevalier, Paris, 1953).

(*) Séance du 27 juin 1955.

([1]) K. G. Paul, dans *The Enzymes*, New-York, II, Part I, 1951, p. 357.

([2]) N. O. Kaplan, dans *The Enzymes*, New-York, II, Part I, 1951, p. 55.

([3]) H. W. Elliott et V. C. Sutherland, *J. Cell. Comp. Physiol.*, 40, 1952, p. 221.

([4]) M. G. Larrabée, J. G. Ramos et E. Bülbring, *Fed. Proc.*, 9, 1950, p. 75.

technique ([5]). La consommation d'oxygène endogène est évaluée selon la méthode directe de Warburg ([5]), ([6]), le liquide physiologique utilisé est celui que nous avons décrit récemment (solution saline comportant un tampon phosphate, à pH 7,4, et sans substrat) ([7]). L'atmosphère est de l'oxygène pur, et la température est de + 38° C (± 0,01). Jusqu'au stade morphologique 30 nous utilisons des microfioles de Warburg (capacité de 5 cm³), pour les stades postérieurs nous utilisons des fioles normales (capacité de 15 cm³).

Pour chaque série expérimentale, nous évaluons, d'une part la consommation d'oxygène endogène par le tissu intact (essai témoin), d'autre part la consommation d'oxygène endogène par le tissu intact subissant

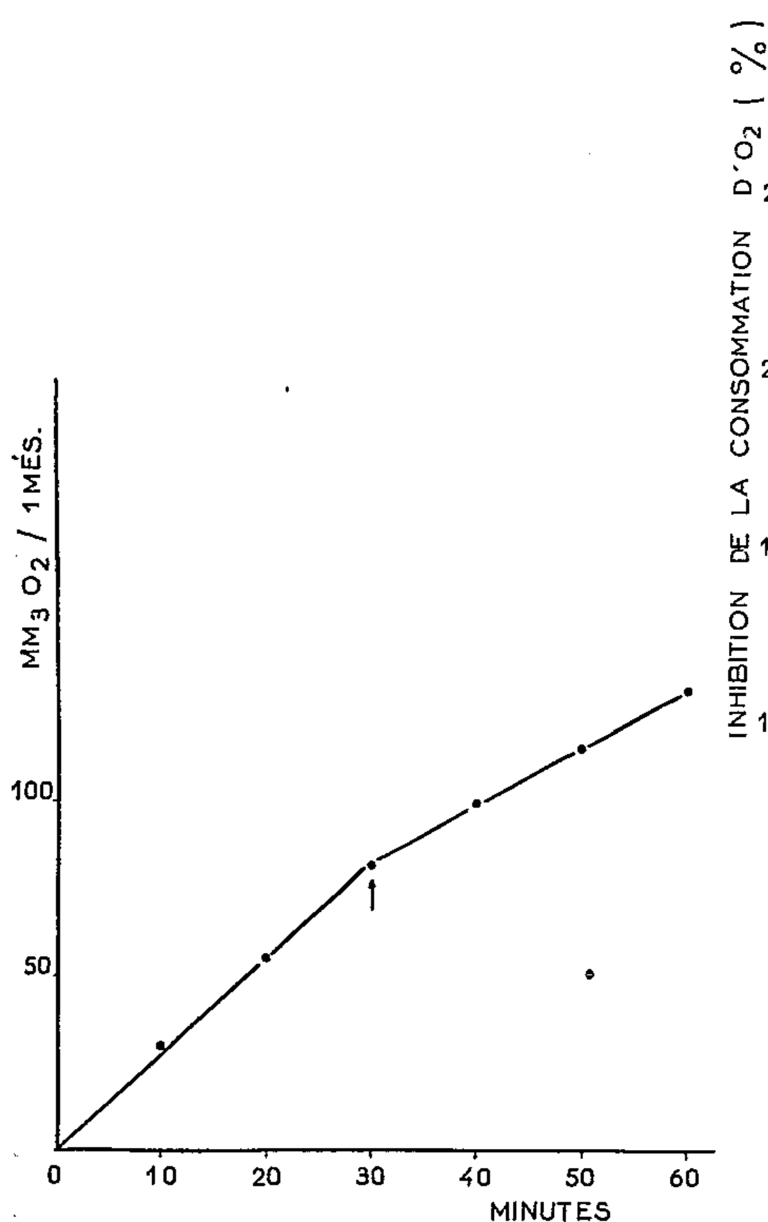


Fig. 1.

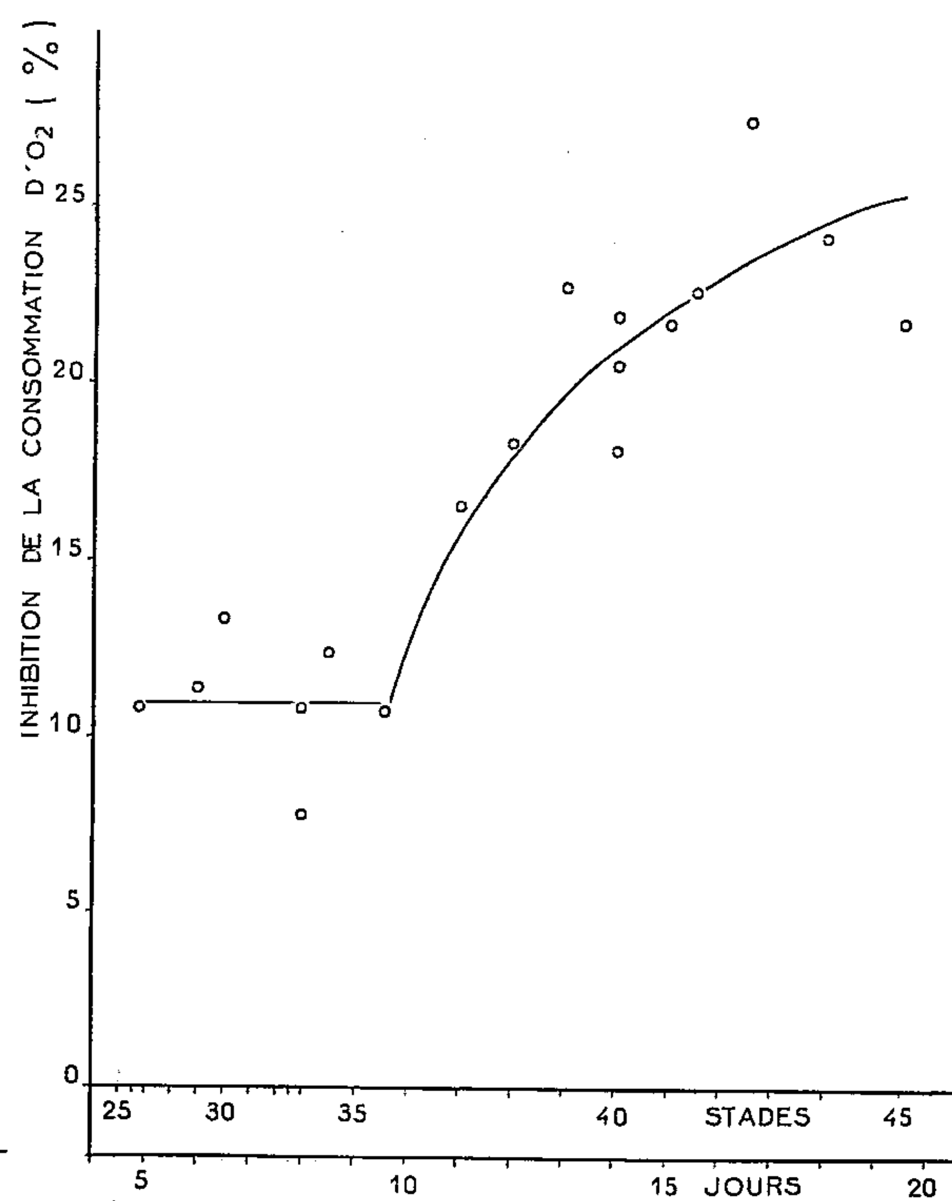


Fig. 2.

Graphique 1. — Action inhibitrice d'une concentration en NaN_3 égale à $4 \cdot 10^{-3}$ M sur la consommation d'oxygène endogène d'un mésencéphale appartenant à un embryon de poulet au stade morphologique 41. La flèche indique le moment où l'ion nitrure a été introduit dans le liquide physiologique.

Graphique 2. — Sensibilité à l'action inhibitrice de l'ion nitrure sur la consommation d'oxygène endogène chez le mésencéphale au cours du développement embryonnaire du Poulet. On a utilisé une concentration en NaN_3 égale à $2 \cdot 10^{-3}$ M.

([5]) J. Gayet, *Arch. Sc. Physiol.*, 9, 1955, p. 11.

([6]) W. W. Umbreit, R. H. Burris et J. F. Stauffer, *Manometric Techniques and Tissue Metabolism*, Minneapolis, 1949, 1 vol.

([7]) J. Gayet, *J. Physiol.*, 47, 1955 (sous presse).

l'influence de l'ion nitrure. Les expériences sont de courte durée (60 mn), l'adjonction de l'ion nitrure s'effectuant toujours à la 30e minute d'expérience (graphique 1).

Les résultats représentés dans le graphique 2 expriment le pourcentage d'inhibition de la consommation d'oxygène endogène du tissu mésencéphalique en fonction du stade morphologique (selon Hamburger et Hamilton) et de la durée de croissance. La concentration en nitrure de sodium est de 2.10^{-3} M.

On constate que, du stade 26-27 au stade 35-36, le pourcentage d'inhibition est pratiquement constant et égal à 10,94 environ, puis du stade 35-36 au stade 45 ce pourcentage augmente pour atteindre, à ce dernier stade, la valeur moyenne de 25,50. Si nous rapprochons ces résultats de ceux que nous avons obtenus concernant l'évolution de la consommation d'oxygène du tissu mésencéphalique ([5]), on peut s'apercevoir qu'il existe un point singulier dans les modalités du métabolisme aérobie de ce tissu. Ce point singulier est situé vers le 10e jour de la croissance (stade morphologique 36 environ). Il semble qu'à une augmentation du taux de la consommation d'oxygène corresponde une sensibilité croissante à l'action inhibitrice de l'ion nitrure. Nous sommes, dès maintenant, amené à préciser ce phénomène important en étudiant l'action de l'ion cyanure ainsi qu'en évaluant l'activité du système de la déshydrogénase de l'acide succinique et de la cytochrome-oxydase.

OPTIQUE PHYSIOLOGIQUE. — *Au sujet du comportement de la convergence binoculaire en absence de point de fixation.* Note de M. **Alexandre Ivanoff** et Mlle **Clotilde Bourdy**, présentée par M. Jean Cabannes.

Lorsque le champ visuel ne présente aucun détail susceptible d'exciter l'accommodation et le réflexe de fusion, l'observateur présente une convergence binoculaire sensiblement égale à sa convergence binoculaire nocturne.

Nous avons montré antérieurement ([1]) qu'aux luminances inférieures à 10^{-2} ou 10^{-3} cd/m^2 la convergence binoculaire tend vers une valeur limite variable suivant l'observateur, indépendante de la distance du test, et atteinte dans l'obscurité totale. Cette « convergence binoculaire nocturne », dont la valeur ne correspond d'ailleurs pas à celle de l'hétérophorie du sujet en vision de loin, semble être étroitement liée au phénomène de « myopie nocturne » ([2]).

([1]) *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 1537; *Annales d'Optique oculaire*, 3, n° 3, mai 1954, p. 70.

([2]) *Optica Acta*, 1, n° 4, février 1955, p. 192.

Nous avons pensé que la convergence binoculaire se produisant dans l'obscurité est consécutive à l'absence des réflexes d'accommodation et de fusion, et devrait donc se produire même aux fortes luminances, à condition que ces réflexes ne soient pas excités. Pour vérifier cette hypothèse, nous avons mesuré (³) l'état de convergence binoculaire d'un observateur devant les yeux duquel on dispose, à une dizaine de centimètres de distance seulement (en sorte que l'accommodation ne soit pas excitée), un verre dépoli à grain fin uniformément éclairé et couvrant la totalité du champ visuel. Le tableau ci-contre indique les résultats obtenus sur cinq observateurs (chaque chiffre est la moyenne d'une dizaine de mesures effectuées à deux ou trois reprises différentes) pour des luminances du verre dépoli égales à 40, 20 et 4 cd/m², ainsi que dans l'obscurité totale.

	Valeur de la convergence binoculaire (en dioptries) pour une luminance égale à			
Observateur.	40 cd/m².	20 cd/m².	4 cd/m².	0.
J. C.	0,2	0,1	0,05	0,05
A. I.	0,6	0,5	0,5	0,6
C. B.	1,7	1,6	1,7	1,65
R. C.	0,8	0,8	0,8	1,25
L. V.	1,0	0,75	0,8	1,1

On voit que, sauf peut-être pour l'observateur R. C. (⁴), la valeur de la convergence binoculaire nocturne est sensiblement égale à celle obtenue en vision diurne en absence des réflexes d'accommodation et de fusion. Il semblerait donc que la convergence binoculaire nocturne ne soit effectivement qu'une variante d'un phénomène plus général se produisant lorsque accommodation et réflexe de fusion ne sont pas excités. Il est intéressant de signaler que lorsque ces dernières conditions sont réalisées, la convergence du cristallin augmente de même que dans l'obscurité, ainsi que l'a montré Whiteside (⁵). Ce qui corrobore à la fois nos résultats actuels et l'existence d'un lien étroit entre convergence binoculaire nocturne et myopie nocturne. Cette dernière (⁶) ne serait, elle aussi, qu'une variante d'un phénomène plus général se produisant lorsque accommodation et réflexe de fusion ne sont pas excités.

(³) Suivant une méthode analogue à celle que nous avons utilisée pour l'étude de la convergence en vision nocturne.

(⁴) Pour les observateurs R. C. et L. V., la valeur de la convergence binoculaire nocturne (1,25 et 1,1 d) ne concorde d'ailleurs pas avec celle trouvée en 1954 (1,85 et 1,95 d). La dispersion des résultats est de plus généralement assez grande. On ne peut guère exiger une grande précision et une bonne stabilité de ce genre de mesures.

(⁵) *J. Physiol.*, **116**, 1952, p. 52 P.

(⁶) Tout au moins sa majeure partie, due à une augmentation de la convergence du cristallin.

Lorsqu'on mesure l'hétérophorie d'un sujet en vision de loin à l'aide d'une baguette de Maddox par exemple, accommodation et réflexe de fusion ne sont précisément pas excités. Dans ces conditions, pourquoi la valeur de la convergence binoculaire présentée dans l'obscurité ou dans un champ visuel uniforme ne coïncide-t-elle pas avec la valeur de l'hétérophorie en vision de loin, et est positive même pour les sujets exophoriques ? Diverses hypothèses sont possibles, mais nous pensons que pour l'instant il faut se contenter de signaler cette difficulté.

ENDOCRINOLOGIE. — *Variations des teneurs en hormone corticotrope des lobes antérieur et postérieur de l'hypophyse du Rat soumis à différents types d'agressions.* Note de M[me] **Cécile Mialhe-Voloss**, présentée par M. Robert Courrier.

Après un « stimulus systémique » le contenu en hormone corticotrope de la préhipophyse diminue alors que celui de la post-hypophyse reste constant; après un « stimulus neurotrope » on observe le phénomène inverse. Nos expériences montrent qu'il faut tenir compte du lobe postérieur avec sa réserve de corticotrophine dans l'interprétation des mécanismes nerveux et hormonaux déclenchés par certaines agressions.

La présence d'hormone corticotrope a été signalée dans la post-hypophyse du Bœuf (Mialhe-Voloss, 1952) (¹), du Porc (Simonnet et coll., 1953) (²), du Rat (Karkun et coll., 1953, 1954) (³), du Rat et du Canard (Mialhe-Voloss, 1955) (⁴). Dans ce dernier travail, nous avons montré que la teneur de la post-hypophyse du Rat en hormone corticotrope représente 60 à 80 % de celle de l'antéhypophyse.

Ces résultats posent le problème de l'origine et du rôle de la corticotrophine post-hypophysaire. Les expériences que nous rapportons ici tendent à montrer que la substance corticotrope du lobe postérieur (lobe intermédiaire + lobe nerveux) peut avoir une importance physiologique et intervenir dans certains mécanismes d'adaptation de l'organisme.

Nous avons comparé les teneurs en hormone corticotrope des lobes antérieur et postérieur de l'hypophyse de rats normaux, de rats soumis à un « stimulus systémique » et de rats soumis à un « stimulus neurotrope » (selon la terminologie de Fortier, 1952) (⁵).

Expériences. — Des rats ♂ de 150 g environ sont répartis en trois lots :

1. 50 rats normaux.
2. 110 rats reçoivent, une heure avant le sacrifice, une injection intra-

(¹) *Comptes rendus*, 235, 1952, p. 743.
(²) *Ann. Endo.*, 14, 1953, p. 703.
(³) *Acta Endo.*, 13, 1953, p. 188; *Acta Endo.*, 16, 1954, p. 187.
(⁴) *J. Physiol.* Paris, 47, 1955 p. 251.
(⁵) *Acta Neurovégétat.*, 1952, p. 56.

péritonéale de bichlorhydrate d'histamine à la dose de 0,5 mg par 100 g.

3. 50 rats sont soumis pendant une heure à un bruit continu (sonnette électrique) et tués immédiatement après.

Les extraits préparés selon notre méthode habituelle sont dosés par la technique de Sayers et Woodbury sur des rats ♂ de 150 à 180 g hypophysectomisés depuis 24 h. Nous dosons toujours dans une même séance et dans les mêmes conditions les extraits de lobe antérieur et de lobe postérieur d'une même série expérimentale.

Résultats. — Le tableau ci-dessous donne les valeurs des déplétions de l'acide ascorbique surrénalien obtenues avec 2 mg d'extrait sec.

	Déplétion en µg pour 100 mg de glande fraîche.	
Rats.	2 mg d'extrait de L. ant.	2 mg d'extrait de L. post.
1 (*).............	138 ± 6,9 (5) (**)	112 ± 7 (4)
2.................	93 ± 5,8 (10)	127 ± 4,6 (11)
3.................	136 ± 2 (8)	68 ± 1,8 (5)

(*) Remarquons qu'une série de dosages effectuée sur le Rat normal en novembre-décembre 1954 nous a donné pour le lobe antérieur une déplétion de 131 ± 4,8 (10) et pour le lobe postérieur 112 ± 4,2 (6). Les résultats ci-dessus obtenus en mai 1955, concordent avec les premiers.

(**) Erreur Standard.

Le chiffre entre parenthèse indique le nombre de dosages.

Ces chiffres montrent que, dans le cas d'une agression par l'histamine (stimulus systémique), la réserve d'ACTH ne baisse que dans la préhypophyse. La déplétion passe de 138 à 93; 96 étant la valeur donnée par 1 mg d'extrait de lobe antérieur, l'agression provoque une diminution de 50 % du contenu en ACTH du lobe antérieur. Par contre, dans le cas d'une agression de l'organisme par le bruit (stimulus neurotrope), la teneur en hormone corticotrope ne diminue que dans la post-hypophyse. La déplétion passe de 127 à 68; comme on trouve une déplétion de 68 avec 500 µg d'extrait de lobe postérieur de rat normal, on a donc une diminution de 75 % de la réserve de corticotrophine du lobe postérieur.

Discussion et conclusion. — Les expériences faites avec des greffes d'antéhypophyse dans la chambre antérieure de l'œil avaient déjà montré la différence entre les effets des stimuli systémiques et neurotropes : les premiers agiraient sur le système antéhypophyse-surrénale par voie humorale, les seconds sur le système hypothalamus-antéhypophyse-surrénale par voie neurohumorale (Fortier, 1952). Nos expériences introduisent dans ce schéma un fait nouveau : le comportement de la post-hypophyse avec sa réserve de corticotrophine. Les résultats de nos dosages à la suite d'un stimulus systémique sont conformes à ce que nous connaissons déjà; nous montrons, en outre, qu'il n'y a pas, dans ce cas, de modification de la post-hypophyse. Les résultats obtenus avec un stimulus neurotrope sont absolument opposés : 1 h après l'agression

la teneur en hormone corticotrope diminue de 75 % dans la post-hypophyse, alors qu'elle reste constante dans la préhypophyse. Les résultats sont faciles à interpréter au niveau de la post-hypophyse : il est vraisemblable que celle-ci ne sécrète pas de corticotrophine, mais la met seulement en réserve; la diminution de sa teneur en hormone corticotrope doit donc correspondre à une excrétion. Il est intéressant de souligner que celle-ci se produit à la faveur d'un stimulus neurotrope (son) et non après injection d'histamine. Le comportement de l'antéhypophyse est plus délicat à interpréter : cette partie de la glande hypophysaire peut secréter et excréter en même temps, le premier phénomène pourrait masquer le second. On ne peut donc être absolument sûr qu'elle n'excrète pas d'ACTH au cours de l'agression neurotrope.

Nos expériences montrent qu'il faut tenir compte du lobe postérieur avec sa réserve de corticotrophine dans l'interprétation des mécanismes nerveux et hormonaux déclenchés par certaines agressions de l'organisme.

NUTRITION. — *Influence du tourteau d'arachide délipidé par extraction sur la croissance et l'intégrité des testicules du Rat.* Note de M. **Raymond Ferrando** M

Ajouté à un régime de base délipidé, du tourteau d'arachide obtenu par extraction aux solvants ralentit légèrement la croissance du Rat et entraîne une dégénérescence du testicule. Certains facteurs de nature lipidique peuvent donc manquer dans les tourteaux d'extraction. L'absence de toutes autres lésions fait aussi penser à l'existence possible de seuils d'action des acides gras insaturés indispensables.

La question importante de l'efficacité alimentaire des tourteaux délipidés par extraction et spécialement celle de leur valeur comme source d'acides gras indispensables est toujours discutée ([1]). Elle revêt sur le plan théorique comme sur le plan pratique une importance certaine. Elle s'inscrit dans le cadre des recherches entreprises autrefois par Burr ([2]). Nous avons tenté d'examiner chez le Rat les conséquences de la délipidation des tourteaux par extraction.

Des rats pesant entre 85 et 89 g sont répartis en trois groupes comprenant chacun cinq sujets. Ils reçoivent le régime de base suivant :

Caséine dégraissée	147 g
Levure de bière	73
Sucre cristallisé	757
Mélange salin	25

([1]) R. Ferrando, *Annales Nutrition et Alimentation*, 5, 1951, p. 231-250.

([2]) G. O. Burr et M. M. Burr, *J. Biol. Chem.*, 82, 1929, p. 345-367 et 86, 1930, p. 587-621.

Chaque sujet reçoit tous les mois 650 μg de palmitate d'axérophtol et 25 μg de tocophérol.

Dans le régime de base on remplace selon les groupes une certaine proportion de caséine par du tourteau délipidé par extraction (12,3 % de matières grasses en moyenne) ou par pression (13,3 % de matières grasses en moyenne) de telle sorte que la teneur en matières protéiques de la ration demeure semblable dans tous les groupes. L'expérience dure 344 jours. Ce délai écoulé, les animaux sont sacrifiés et leurs testicules examinés macroscopiquement et microscopiquement après coloration à l'hématéine-éosine.

Le tableau suivant résume l'ensemble des constatations :

N° des groupes	I.	II.	III.
Nombre de rats	5	5	5
Supplément au régime de base (%)	0	8,7 (tourteau d'extraction	8,6 (tourteau de pression
Taux des lipides du régime (%) (± 20 %)	0,15	0,50	1,45
Poids au début de l'expérience	85,6	89,8	85,4
Gain de poids (g) à 57 jours	89	96,6	116,1
» 127 »	138,8	142,4	173,0
» 344 »	204,4	204,2	219,6
Poids des testicules (g)	0,835 ± 0,19	0,845 ± 0,08	2,818 ± 0,26
Aspect histologique	Dégénérescence de la lignée séminale	Dégénérescence de la lignée séminale	Normal

Si la croissance des animaux des deux premiers groupes est légèrement inférieure à la normale leur état général est excellent pendant toute l'expérience et aucune lésion cutanée semblable à celles décrites par Burr et collaborateurs n'apparaît ([2]). Seul l'appareil génital est touché comme au cours des expériences de Evans et collaborateurs ([3]).

Les réserves hépatiques de vitamine A étant très élevées dans tous les groupes, la teneur en tocophérol, évaluée dans les muscles de la cuisse droite étant importante, on ne peut penser à une carence en vitamine A ou en vitamine E. Même en l'absence d'estimation de ces réserves, les doses de ces vitamines distribuées aux sujets d'expérience font d'ailleurs exclure une telle éventualité. On peut donc valablement supposer que ces accidents sont dus à une carence en acides gras insaturés (acides linoléique et linolénique).

Ainsi d'une part et, contrairement à l'opinion de Mc Kensie et de ses collaborateurs ([4]), un faible taux de lipides dans la ration peut entraîner

([3]) H. M. Evans, Leprovsky et E. A. Murphy, *J. Biol. Chem.*, **106**, 1934, p. 445-449.
([4]) C. G. Mc Kensie, J. B. Mc Kensie et E. V. Mc Collum, *Biochem. J.*, **33**, 1939, p. 935-943.

des accidents. Nos observations font même penser qu'il pourrait bien y avoir plusieurs seuils d'action des acides gras insaturés indispensables. Au-delà d'un certain taux seul l'appareil génital serait touché à l'exclusion de tout autre accident.

D'autre part les tourteaux délipidés par extraction aux solvants organiques ne paraissent pas contenir tout ou partie des acides gras indispensables à une croissance normale et à l'intégrité du testicule.

CYTOLOGIE. — *Influence de la viscosité sur la lyse des granulocytes basophiles en milieu aqueux et coloration de ces éléments en présence de sulfate de protamine.* Note (*) de M. **Maurice Piette**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

La viscosité du milieu empêche dans une certaine mesure la lyse par l'eau des granulations des granulocytes basophiles. Le sulfate de protamine permet de colorer ces éléments sur des frottis de sang de lapin en milieux aqueux en l'absence d'un fixateur coagulant les protéines.

Sur des frottis de sang simplement séchés, il est impossible de mettre en évidence les granulations des polynucléaires basophiles par un colorant métachromatique en solution aqueuse, ces granulations étant hydrosolubles. On ne retrouve que des cellules éclatées entourées de figures de diffusion.

Nous nous sommes demandé quelle pouvait être l'influence sur cette diffusion de la viscosité et de la pression osmotique du milieu de coloration, la solubilisation des granules devant en principe rester inchangée.

Nous avons préparé des solutions aqueuses de viscosité cinématique identique et élevée (120 centistokes à 19°) mais de pouvoir osmotique très différent, l'une avec un colloïde de poids moléculaire élevé (polyvinylpyrrolidone ou P.V.P.), l'autre avec un cristalloïde (saccharose). Ces solutions, additionnées d'azur II de méthylène dans la proportion de 1 g/l ont servi à colorer (5 mn) des frottis de sang de lapin riches en granulocytes basophiles. Dans les premiers essais les lames étaient lavées avec une solution aqueuse de même titre en P.V.P. et en saccharose que celui de la solution colorante; cette précaution s'est avérée inutile, le colorant donnant naissance avec le constituant des granulations basophiles à un composé insoluble résistant bien à un lavage à l'eau.

Résultats. — 1. *Polyvinylpyrrolidone.* — S'il est possible de retrouver quelques cellules à limites encore assez précises dont le protoplasme renferme des granulations métachromatiques bien individualisées, les granulations de la plupart des éléments ont fait place à un réticulum plus ou moins

(*) Séance du 27 juin 1955.

lâche, condensé en certains endroits et s'échappant parfois en partie de la cellule (début de diffusion). Ce comportement différent de certains éléments est en accord avec l'existence possible de divers degrés dans la maturation du contenu des granulations.

2. *Saccharose.* — La presque totalité des granulocytes basophiles sont déformés par des expansions lobulées. La cellule est remplie par une masse métachromatique rouge assez homogène ou formant un réticulum beaucoup plus fin qu'avec la P.V.P.

Le contrôle comparatif (coloration en milieu aqueux seul) montre qu'il est impossible de retrouver un granulocyte basophile intact. Les figures de diffusion, considérables, arrivent à tripler la surface cellulaire.

C'est, semble-t-il, beaucoup plus la viscosité que la pression osmotique qui empêche dans une certaine mesure la diffusion de la substance basophile après une lyse intracellulaire d'intensité variable. Il suffit pour s'en convaincre d'effectuer des colorations dans des milieux de concentration décroissante en P.V.P. et saccharose. L'effet de la dilution sur la viscosité n'est pas identique dans les deux cas : celle-ci diminue beaucoup plus vite pour le cristalloïde : l'addition d'un tiers de volume d'eau à la solution primitive ramène les viscosités cinématiques de la solution de P.V.P. et de saccharose respectivement à 51,4 et 30 centistokes. L'examen des frottis colorés avec ces solutions montre que les images de diffusion obtenues avec le saccharose sont beaucoup plus importantes qu'avec la P.V.P. La pression osmotique de la solution de saccharose, même diluée, étant encore très notablement supérieure à celle de la solution primitive de P.V.P., on peut penser que c'est surtout la viscosité qui empêche la diffusion du contenu des granulations basophiles, la lyse intracellulaire obtenue avec la solution de saccharose étant en rapport avec la pénétration plus rapide du liquide non colloïdal.

On pourrait donc penser qu'il est impossible de colorer des granulations basophiles dans un milieu aqueux dépourvu d'une substance coagulant immédiatement les protéines et fixant les granulations. En fait, il n'en est rien : le sulfate de protamine permet, en effet, de réaliser cette fixation un peu particulière.

Ce corps précipite l'héparine de ses solutions aqueuses et peut même, par un véritable déplacement, faire virer au bleu la teinte métachromatique obtenue par mélange de solutions diluées d'héparine et d'azur II.

Un frottis de sang de lapin traité par une solution aqueuse contenant respectivement 0,5 et 5 % d'azur II et de sulfate de protamine (tiédie vers 37° pour éviter la précipitation de la protéine) permet de retrouver les granulocytes basophiles non lysés contenant des masses protoplasmiques granulaires le plus souvent conglomérées. Il est même possible d'opérer

en deux temps : fixation par la protamine, lavage, puis coloration à l'azur, ceci uniquement avec des solutions aqueuses.

Il faut ajouter que cette coloration, appliquée au sang humain, donne des résultats négatifs. Cette affinité moins grande est en accord avec une colorabilité plus faible en milieu très acide, déjà signalée (1), et conduit à penser que la constitution chimique des granulations basophiles des polynucléaires de l'homme et du lapin, si elle est voisine, n'est cependant pas identique et appelle des recherches complémentaires.

EMBRYOLOGIE. — *Détermination des constituants mésodermiques de l'ébauche de nageoire dorsale de* Salmo. Note de M. **Yves François**, présentée par M. Louis Fage.

Des expériences réalisées sur l'embryon de Truite, au début de la morphogénèse de la nageoire dorsale ont mis en évidence l'importance du mésenchyme primaire de cette ébauche (1) dans la différenciation de l'épiderme de la nageoire et dans la mise en place des autres matériaux mésodermiques. Des opérations du même type, réalisées à des stades un peu plus avancés, apportent de nouvelles preuves du rôle morphogénétique du mésenchyme primaire.

1° Vers le 25e jour après la fécondation, sur l'embryon de *Salmo fario*, l'ébauche de la nageoire dorsale est constituée par un blastème de mésenchyme primaire, disposé au niveau des 20e à 30e métamères. En outre, commencent à apparaître les premiers bourgeons musculaires au bord dorsal des somites de la même région.

Comme au stade précédent (1), l'ablation de la portion périphérique de l'ébauche, si elle n'intéresse pas la totalité du mésenchyme primaire, est suivie d'une régénération totale et de la formation d'une nageoire normale.

Au contraire, un alevin sans nageoire est obtenu si on a incisé très bas et enlevé les bourgeons musculaires naissants, en râclant le bord des myotomes. Il est possible, enfin, de faire passer l'incision à un niveau intermédiaire, c'est-à-dire de couper entre le mésenchyme et les jeunes bourgeons musculaires. En ce cas; il n'y a pas non plus de régénération et, généralement, absence totale de nageoire. Cependant dans quelques cas existent quelques massifs ou cordons musculaires malformés, sans squelette.

---

(1) M. Piette, *Comptes rendus*, 240, 1955, p. 1366.

(1) Y. François, *Comptes rendus*, 240, 1955, p. 2559.

2° Les mêmes types d'expériences peuvent être réalisés sur des embryons à un stade légèrement ultérieur : les bourgeons musculaires ont progressé, se sont détachés des somites et sont sur le point d'atteindre le mésenchyme primaire. Il va sans dire que l'ablation de la totalité de l'ébauche par incision au-dessous des bourgeons musculaires entraînera l'absence complète de nageoire.

Plus intéressante est l'opération où l'on pratique l'incision dans une zone intermédiaire, aussi exactement que possible entre le mésenchyme primaire et les bourgeons musculaires. La marge est étroite, il faut contrôler chaque opéré et éliminer ceux où les bourgeons sont entamés et ceux où il semble être resté du mésenchyme. Le résultat dans plus de la moitié des cas est le suivant : absence complète de nageoire externe (repli cutané, baséostes et lépidotriches), mais présence d'une nageoire profonde plus ou moins normale (endosquelette et musculature).

Conclusions. — L'interprétation de ces divers résultats peut être la suivante :

Au début de la migration des bourgeons musculaires, le mésenchyme primaire est encore nécessaire à leur évolution normale et à la mise en place du mésenchyme secondaire. Suivant que les bourgeons sont plus ou moins avancés, ils sont incapables (en l'absence du mésenchyme primaire) d'une différenciation normale ou bien ils peuvent se différencier et donner, en l'absence de formation squelettique, des cordons musculaires, évidemment anormaux. En tout cas, le mésenchyme secondaire ne migre pas et par conséquent l'endosquelette ne se forme pas.

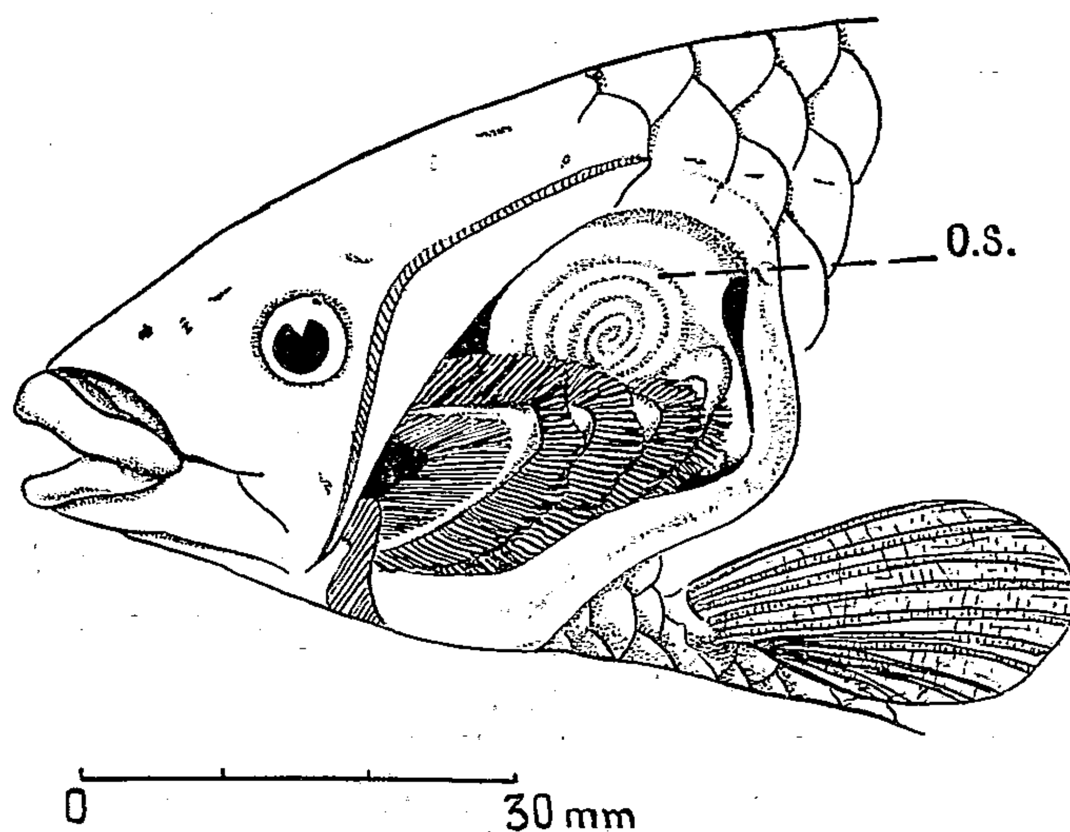
Un peu plus tard, au contraire, lorsque les bourgeons musculaires vont atteindre le mésenchyme primaire, leur course est à peu près achevée, la mise en place de tous les matériaux mésodermiques est faite et leur détermination est assurée. Le mésenchyme primaire a, dès lors, perdu son rôle organisateur. Sa présence n'est plus indispensable à la différenciation des organes proximaux de la nageoire dorsale. Il a cependant encore à ce stade un rôle morphogénétique important et son absence est sans doute responsable des malformations de l'endosquelette. En effet, le modelage des axonostes cartilagineux est certainement influencé par la présence des baséostes et des lépidotriches. Quant à la musculature elle ne peut se développer normalement en l'absence d'un de ses points d'insertion normal.

Le moment où les bourgeons musculaires sont près d'atteindre le mésenchyme primaire constitue donc une étape très importante dans la morphogénèse de la nageoire dorsale de *Salmo*. C'est à ce stade que, les constituants mésodermiques étant en place, la détermination est assurée, précédant de peu la différenciation.

ZOOLOGIE. — *Sur le rôle de l'organe suprabranchial d'*Heterotis niloticus *Ehrenberg* (*Téléostéen*). Note de M. **François d'Aubenton**, présentée par M. Louis Fage.

Heterotis niloticus Ehrenberg 1827 est un poisson d'eau douce qui vit en Afrique, au nord de l'Équateur, dans la zone dite soudanienne (Sénégal, Niger, Gambie, Tchad, Nil, etc.) et qui appartient à la famille des *Osteoglossidæ* ((Téléostéens Isospondyles).

La partie supérieure du quatrième arc branchial de ce poisson, modifiée, constitue un « organe suprabranchial » (O. S.). Logé au fond de la partie supérieure de la cavité branchiale, de chaque côté du pharynx, cet organe suprabranchial se présente comme une masse sphérique dont la base convexe ressemble à un colimaçon à enroulement dextre (côté gauche) ou sénestre (côté droit). Le nombre de tours de spires augmente avec l'âge et la taille du poisson (*fig.*). Des organes semblables ont été décrits chez certains Clupéidés, Chanidés et Ostéoglossidés par J. Hyrtl [1] et plus récemment par Th. Monod [2].



L'intérieur de l'organe est constitué par un tube de section aplatie, progressivement décroissant, enroulé en hélice, chaque tour prenant place dans le berceau formé par le tour qui précède. L'espace axial est occupé par le nerf X. La vascularisation de l'organe, peu importante, est assurée par quelques vaisseaux sanguins issus de la quatrième artère branchiale

(1) *Denkschr. K. Akad. Wiss.*, 10, 1855, p. 47-57.

(2) *Bulletin I. F. A. N.*, 2, 1949, p. 36-76.

efférente ou se rendant à l'aorte dorsale. Les parois sont constituées de tissu cartilagineux et de tissu conjonctif et sont limitées par un épiderme pluristratifié.

Plusieurs parties peuvent être distinguées dans le tube, notamment une sorte de chicane constituée par deux rangées de branchiospines très courtes, insérées respectivement de part et d'autre de la paroi, au-dessus d'un canal de section arrondie. Des cellules à mucus peuvent être mises en évidence par le mucicarmin en certains points de la paroi du tube, notamment vers le sommet et à la base.

Il existe également des bourgeons sensoriels piriformes constitués de cellules très allongées, terminées en pointe. Des ramifications nerveuses émanant de ces organes sont décelables, dans le tissu conjonctif, par la méthode de Bielschowsky. L'organe suprabranchial semble donc avoir un rôle sensoriel.

De plus, la présence constatée au cours des dissections de matériaux alimentaires divers dans certaines parties du tube, et dont la circulation doit être facilitée par les cellules à mucus, fait envisager un rôle dans la nutrition. L'eau chargée de particules alimentaires pénètre dans l'organe et tourbillonne jusqu'au sommet du tube. Les aliments sont arrêtés par la double rangée de branchiospines. L'eau passe à travers les chicanes et est évacuée à l'extérieur par le canal de section arrondie qui débouche sous l'opercule. Les aliments, enrobés de mucus, redescendent en longeant les branchiospines et rejoignent l'œsophage.

L'organe suprabranchial peut être considéré comme une sorte de filtre complémentaire qui vient s'ajouter au tamis très efficace constitué par les branchiospines des trois premiers arcs et de la partie inférieure du quatrième, branchiospines très nombreuses, longues, fines et serrées comme chez beaucoup d'espèces microphages. Il existe également sur les trois premiers arcs branchiaux des languettes destinées à arrêter les aliments trop volumineux et à permettre leur écrasement entre la langue et les antoptérygoïdes munis de dents villiformes.

L'organe suprabranchial d'*Heterotis niloticus* n'est donc pas, comme on le pensait, un organe respiratoire accessoire. C'est à la fois un organe sensoriel et un organe jouant un rôle mécanique en rapport avec le régime alimentaire.

ANATOMIE COMPARÉE. — *Considérations physiomorphologiques sur la tête de* Latimeria (*Crossoptérygien Cœlacanthidé*). Note de MM. **Jacques Millot** et **Jean Anthony**, présentée par M. Louis Fage.

L'étude anatomique et l'analyse histologique conjuguées de la tête de *Latimeria* révèlent un certain nombre de faits dignes d'attention.

Nous retiendrons aujourd'hui :

1° le développement et l'élongation, sans équivalent chez les autres Vertébrés, du système glandulaire pituitaire. Celui-ci ne forme pas seulement, comme il est de règle, une masse plus ou moins bien délimitée sous le plancher du diencéphale, mais se trouve étiré dans un cordon conjonctivo-vasculaire partiellement creux, d'une dizaine de centimètres de longueur. Ce cordon, représentant manifestement la poche embryonnaire de Rathke, relie l'infundibulum, placé très postérieurement dans la région occipitale du crâne, au fond d'une dépression profonde prolongeant ventralement la fosse dite hypophysaire en avant du basisphénoïde, au-dessus du plancher buccal. On peut y distinguer deux formations glandulaires principales : l'une postérieure, située sous le télencéphale, partiellement pénétrée par les digitations du lobe nerveux issu de l'infundibulum, correspond à l'hypophyse classique, l'autre antérieure et ventrale, formant un cylindre de plusieurs centimètres de longueur, occupe le fond de la dépression susmentionnée : elle n'a pas de correspondant chez les autres Vertébrés, sinon peut-être, sous une forme réduite, chez les Polyptères qui comptent, comme on sait, parmi les Poissons les plus archaïques et ont des affinités avec les Crossoptérygiens. Entre ces deux parties, on observe des îlots isolés de tissu glandulaire, en nombre et en importance variables selon les individus;

2° le développement démesuré, surtout en longueur, du crâne par rapport à l'encéphale, avec déplacement apparent de la fosse hypophysaire vers l'avant;

3° l'existence, dans le squelette céphalique, de caractères de néoténie tels que la permanence de l'articulation intracrânienne (disposition déjà interprétée par Romer, 1937, comme néoténique chez les Crossoptérygiens fossiles) — la permanence d'une chorde fibreuse représentant à elle seule la quasi-totalité du squelette axial et comportant une partie crânienne importante — la permanence de la fenêtre basicrânienne postérieure — la prédominance du tissu cartilagineux sur le tissu osseux.

Il est tentant de rechercher dans l'abondance anormale d'un tissu pituitaire, donnant tous les signes histologiques d'une grande activité, la cause déterminante de la croissance disproportionnée du crâne. *Latimeria* serait alors un Poisson atteint de gigantisme, au même titre que les Dinosauriens parmi les Reptiles, les *Dinornis* et *Aepyornis* parmi les Oiseaux.

Les dispositions néoténiques de *Latimeria* sont-elles liées à ce gigantisme de type acromégalique ? Bien qu'elles soient plus ou moins entraînées dans le développement anormal du crâne, leur origine est certainement indépendante de l'hypertrophie de la glande pituitaire. Ces mêmes caractères de néoténie se retrouvent en effet chez tous les Crossoptérygiens, et il n'est pas question de supposer que les prédécesseurs des Vertébrés tétra-

podes aient pu être affectés de gigantisme — non seulement parce qu'en fait ils sont en général de faible ou de très faible taille, mais aussi parce que le gigantisme annonce toujours, sinon la fin des lignées, tout au moins l'extinction de leurs facultés évolutives. Aussi la néoténie a-t-elle dû se présenter à l'état isolé chez les Crossoptérygiens les plus anciens, puis s'accompagner d'hypertrophie de la glande pituitaire à partir de certaines formes qu'il serait important de reconnaître.

Malheureusement, une telle hypertrophie est bien difficile à déceler sur les types fossiles dont les structures ne sont qu'imparfaitement conservées et chez lesquels l'hypophyse n'a pas laissé de traces directes : on ne peut, d'aucune manière, tirer argument à ce sujet des dimensions de la fosse pituitaire osseuse, celle-ci étant, même chez *Latimeria*, en majeure partie remplie de tissu graisseux.

Sans être, à l'heure actuelle, en mesure de préciser davantage une interprétation qui, dans le présent état de nos connaissances, garde un caractère quelque peu spéculatif, nous croyons pouvoir affirmer que *Latimeria*, tout en conservant les dispositions néoténiques des autres Crossoptérygiens, a porté à leur degré extrême certains des caractères de spécialisation qui ont écarté les Cœlacanthes de la grande voie évolutive des Vertébrés, tels que l'allongement des nageoires pédonculées impaires — la disparition du processus basipterygoïdeus — un gigantisme pituitaire couronnant la tendance générale à l'augmentation de taille corporelle, évidente dans le phylum depuis le mésozoïque et qui atteint son maximum chez l'espèce contemporaine.

BIOLOGIE. — *Influence du bleu de méthylène sur deux générations successives de* Drosophiles. Note (*) de M. **Jean David**, présentée par M. Maurice Caullery.

L'élevage de Drosophiles sur un milieu contenant du bleu de méthylène permet d'observer un effet cumulatif au cours de deux générations successives. Ce phénomène se traduit par un développement moins rapide et une mortalité larvo-nymphale plus forte dans la deuxième génération que dans la première.

Grâce à l'utilisation de techniques minutieuses, il est possible de mesurer certains caractères quantitatifs du développement de la Drosophile avec précision [1]. Ce résultat a permis d'étudier les effets d'un toxique sur plusieurs générations successives. La substance choisie est le bleu de méthylène. Les observations effectuées sur les deux premières générations seront seules exposées ici.

(*) Séance du 27 juin 1955.

(1) J. David, *Bull. Biol.* (sous presse).

Toutes les expériences ont porté sur une souche du mutant *vestigial*. Les caractères mesurés sont la durée du développement et la mortalité larvo-nymphale. Deux milieux d'élevage ont été utilisés : milieu stérile et milieu fermenté [1]. Le bleu de méthylène a été incorporé à ces milieux, à des concentrations de 1/20 000e et 1/30 000e. Les parents de la première génération ont été élevés et ont pondu sur un milieu sans toxique. Les œufs ont été transférés sur le milieu additionné de bleu de méthylène. Les imagos issues de cet élevage ont été utilisées pour obtenir la deuxième génération; elles ont été maintenues pendant toute leur vie sur le milieu toxique.

Dans chaque expérience, les deux générations ont été élevées sur un milieu préparé en une seule fois et conservé à la glacière. Plusieurs expériences ont été réalisées avec des milieux de même composition pondérale, mais préparés à des dates différentes.

Les résultats concernant la durée du développement se sont révélés plus constants dans les élevages effectués sur le milieu stérile additionné de 1/30 000e de bleu de méthylène. Les durées moyennes en heures (M) du développement, ainsi que les nombres (n) de mouches étudiées sont indiqués dans le tableau I.

TABLEAU I.

Date de préparation du milieu.	Première génération.		Deuxième génération.		Différence entre la 1re et la 2e génération.
	M.	n.	M.	n.	
31 janvier 1955.....	270,4	70	315,9	100	35,5
15 février 1955.....	313,9	201	352,4	19	38,5
1er mars 1955.....	321,3	142	373,6	25	52,3

L'ensemble des résultats a été étudié par la méthode d'analyse de variance. Celle-ci a montré que, pour obtenir une population homogène, il faut que les élevages soient effectués dans des tubes contenant un milieu préparé au même moment et que ces tubes soient peuplés le même jour à partir d'œufs fournis par un même lot de parents. Lorsque les tubes ne sont pas peuplés le même jour, on observe assez souvent des différences significatives, contrairement à ce qui se passe pour les élevages effectués sur un milieu sans toxique.

Ainsi l'addition du toxique semble donc accroître nettement la variabilité, ce qui rend plus difficile l'étude des facteurs qui sont en jeu. Un certain nombre de résultats peuvent cependant être considérés comme solidement établis. On remarque en particulier que, dans toutes les expériences, la deuxième génération se développe moins vite que la première. L'importance de l'écart relevé est très supérieure à celle de la variabilité que l'on observe à l'intérieur de chaque génération, ce qui nous permet de considérer la différence comme très significative.

Les résultats obtenus sur milieu fermenté se sont révélés plus variables

que les précédents. Cependant, les élevages effectués sur des milieux contenant 1/20 000e et 1/30 000e de bleu de méthylène donnent des résultats (tableau II) qui conduisent à la même conclusion que celle obtenue pour les expériences sur milieu stérile.

TABLEAU II.

Date de préparation du milieu.	Concentration 1/20 000e — 1re génération. M.	n.	Concentration 1/20 000e — 2e génération. M.	n.	Concentration 1/30 000e — 1re génération. M.	n.	Concentration 1/30 000e — 2e génération. M.	n.
1er décembre 1954....	355,9	50	379,3	64	–	–	–	–
24 » »	347,0	65	422,8	25	284,1	155	343,0	57
10 janvier 1955....	376,2	59	375,4	32	346,8	76	359,5	83
26 » »	300,7	87	347,4	17	279,3	109	316,5	147
8 février 1955....	–	–	–	–	321,6	21	323,9	110

L'étude de la mortalité larvo-nymphale montre une nouvelle différence entre les deux générations. Les résultats obtenus sur milieu stérile, pour les mêmes expériences que celle du tableau I, sont indiqués dans le tableau III. Malgré une assez grande variabilité entre les diverses expériences, il apparaît constamment une mortalité beaucoup plus forte dans la deuxième génération, en moyenne plus de trois fois supérieure à celle observée dans la première.

TABLEAU III.

Date de préparation du milieu.	1re génération. % mortalité.	Nombre de larves.	2e génération. % mortalité.	Nombre de larves.
31 janvier 1955...	7,9	76	27,6	127
15 février 1955...	16,9	240	66,6	57
1er mars 1955...	12,3	162	52,8	53
RÉSULTATS TOTAUX.	13,6	478	42,4	237

Il ressort de ces expériences que la deuxième génération est moins vigoureuse que la première, plus sensible que celle-ci aux effets de l'intoxication par le bleu de méthylène. Il semble difficile d'expliquer cette observation par les effets d'une sélection sur une population génétiquement hétérogène, car, dans cette hypothèse, on devrait plutôt aboutir à une accoutumance. Nous sommes plutôt conduits à envisager, sous l'influence du toxique, l'altération d'un processus physiologique lors de la gamétogenèse. Mais avant de poursuivre l'analyse des nombreux problèmes posés par ce résultat, il paraît nécessaire de définir d'abord les nombreux facteurs de variation qui se manifestent et de les dominer pour accroître la sécurité des expériences. Des expériences en cours permettront sans doute de parvenir à ce but.

BIOLOGIE. — *Cycle neurosécrétoire chez* Chlamys varia *L. et* Mytilus edulis *L.* (*Mollusques lamellibranches*). Note (*) de M. Pierre Lubet, présentée par M. Maurice Caullery.

L'existence de cellules neurosécrétrices dans les ganglions nerveux des Mollusques Gastéropodes et Céphalopodes est bien connue depuis les travaux classiques de B. Scharrer et de M. Gabe. Récemment, ce dernier auteur décrit (1), chez de nombreuses espèces de Lamellibranches, les cellules neurosécrétrices des ganglions cérébroïdes et viscéraux.

Depuis plusieurs années, j'ai suivi le cycle sécrétoire des cellules neurosécrétrices de *Chlamys varia* L. et de *Mytilus edulis* L. Chez ces espèces, les cellules neurosécrétrices sont localisées dans les ganglions cérébroïdes et viscéraux, le ganglion pédieux ne semblant pas en contenir.

Les cellules des ganglions cérébroïdes sont situées latérodorsalement, dans la couche périphérique de cellules ganglionnaires (*fig.* 1). Elles sont dispersées dans la partie antérieure du ganglion et sont surtout nombreuses dans la zone comprise entre le départ des nerfs des palpes et de la commissure périœsophagienne. Le ganglion viscéral (*Chlamys varia* L.) ou les ganglions viscéraux (*Mytilus edulis* L.) en contiennent également dans la couche ganglionnaire dorsale (*fig.* 1).

Chez les deux espèces étudiées, les cellules neurosécrétrices semblent appartenir à deux types cellulaires que l'on trouve aussi bien dans les ganglions cérébroïdes que viscéraux. Il s'agit de neurones unipolaires d'aspect piriforme, dont la taille ne dépasse pas 20 μ ou des cellules de forme hexagonale ou ovale, neurones unipolaires ou multipolaires dont la taille est comprise entre 8 à 15 μ.

Mes recherches ne font que confirmer les observations de M. Gabe (1) sur les caractères cytologiques et histochimiques de telles cellules. J'ajouterai toutefois que ce produit de sécrétion, fortement fuchsinophile (fuchsine d'Altmann) ne prend ni les colorants des nucléoprotides (résultats négatifs des réactions de Feulgen, J. Brachet), ni ceux des glucides (résultats négatifs des réactions de Hotchkiss et de Bauer). Comme ce produit de sécrétion n'a également aucune affinité pour les colorants des lipides, il se pourrait que ce produit fut de nature protidique.

L'apparition de ce produit de neurosécrétion (*fig.* 2) chez les espèces étudiées semble un peu antérieur au début de la gamétogénèse. L'accumulation du produit de neurosécrétion est maximum au moment de la maturité

(*) Séance du 27 juin 1955.

(1) M. Gabe, *Comptes rendus*, **240**, 1955, p. 1010.

gamétique (*fig.* 3), les cellules neurosécrétrices sont alors bourrées de produit de sécrétion. Celui-ci se présente sous l'aspect de grains de 1 à 2 μ, qui, dans des stades proches de leur évacuation, perdent leur individualité et confluent en amas délimitant entre eux des zones plus claires. L'éva-

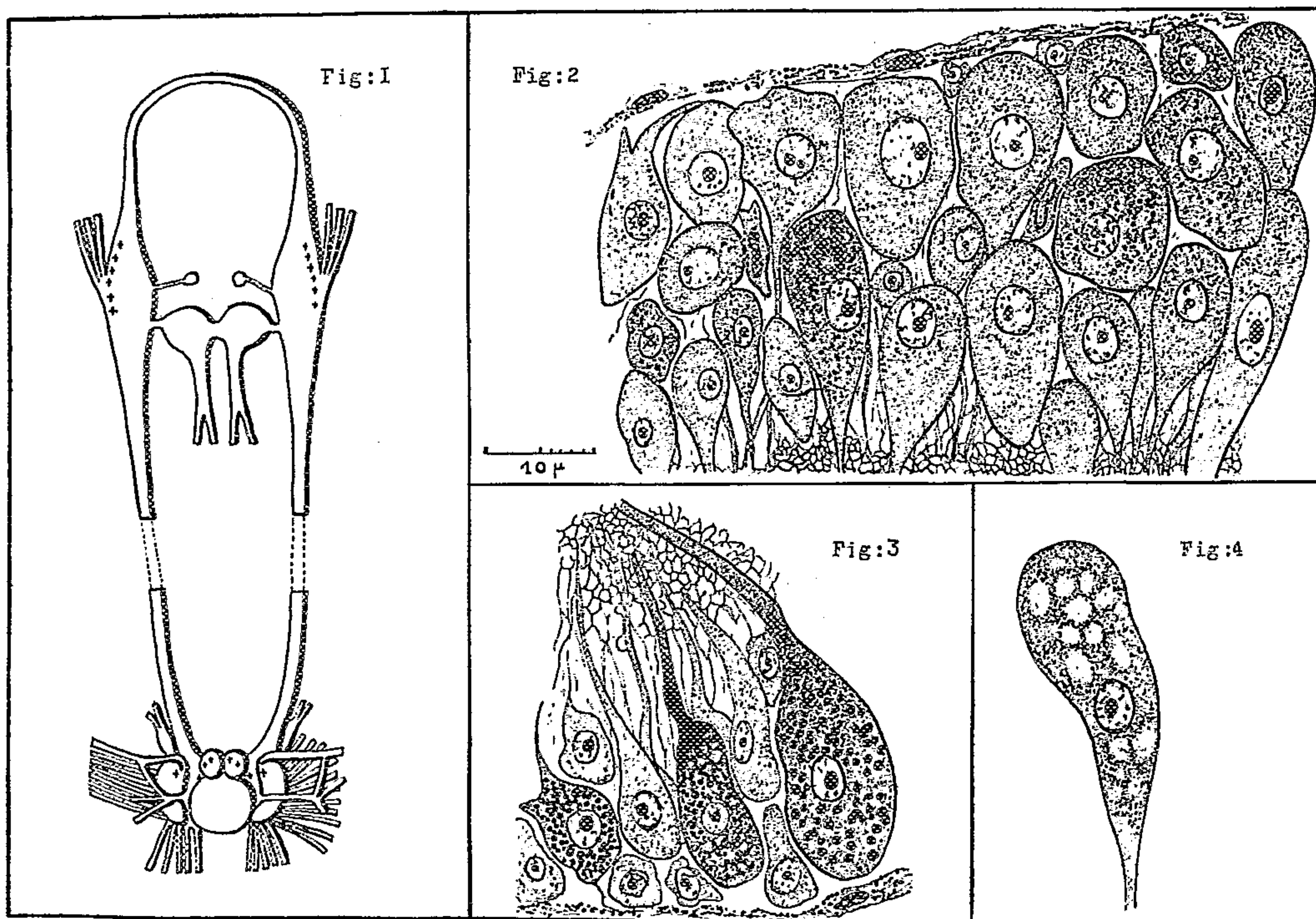


Fig. 1. — Schéma général du système nerveux de *Chlamys varia* L. (+ + +), zone de cellules neuro-sécrétrices.

Fig. 2. — Ganglion cérébroïde de *Chlamys varia* L. : début de l'activité neurosécrétoire (fin janvier; fuchsine d'Altmann).

Fig. 3. — Ganglion cérébroïde de *Chlamys varia* L. : activité sécrétoire maximum et début d'évacuation du produit de sécrétion (début juillet; fuchsine d'Altmann).

Fig. 4. — Ganglion cérébroïde de *Chlamys varia* L. Cellule neuro-sécrétrice après l'évacuation du produit de sécrétion (fin juillet; fuchsine d'Altmann).

cuation du produit a lieu par voie axonale, le produit de sécrétion s'accumulant dans le cône d'émergence de l'axone. Le produit de sécrétion disparaît dans la zone proximale de l'axone et, comme le signale M. Gabe ([1]), on ne rencontre pas de produit de sécrétion dans les nerfs issus des zones où l'on rencontre des cellules neurosécrétrices. L'évacuation du produit de neurosécrétion a toujours lieu quelques jours avant l'émission des gamètes. Toutefois, l'on assiste souvent à une émission fractionnée (surtout chez les femelles). L'on peut alors observer avant chaque émission la vidange d'un certain nombre de cellules neurosécrétrices. Après l'évacuation totale des gonades, toutes les cellules neurosécrétrices sont vides et ont un aspect

caractéristique (*fig.* 4), le cytoplasme devenu vacuolaire renfermant entre ses vacuoles des reliquats du neurosécrétat. La reprise de l'activité neurosécrétoire semble précéder de peu la reprise de la gamétogénèse.

Ces images cytologiques suggèrent l'existence d'un lien entre le cycle sexuel et le cycle sécrétoire des cellules neurosécrétrices. Cette hypothèse est susceptible de recevoir une confirmation expérimentale.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Action inductrice proliférative du tissu pulmonaire greffé sur les épithéliums.* Note de MM. **Pierre Ganter, Raoul-Michel May** et **Raoul Kourilsky**, présentée par M. Christian Champy.

1. Nous avons greffé dans la chambre antérieure de l'œil de Souris adultes, selon la technique décrite par l'un de nous ([1]) des fragments de poumon, provenant dans 236 cas de fœtus ou de nouveau-nés de la même lignée (greffes bréphoplastiques) et dans 15 cas de Souris adultes.

Il a été constaté en particulier, sur un total de 251 greffes, que dans près de 50 % des cas, quel que soit le donneur (fœtus, nouveau-né ou adulte) le tissu pulmonaire provoquait une importante réaction de l'épithélium cornéen : celui-ci prolifère à l'intérieur de l'implant, forme des boyaux épithéliaux qui se kératinisent et qui finissent par envahir complètement le greffon. Il s'agit là d'un phénomène d'induction épithéliale analogue à celui observé par l'un de nous en 1951 ([2]), mais obtenu en imprégnant les greffons avec de l'hydrate de chloral : dans les expériences actuelles c'est le poumon seul, sans adjonction d'aucune substance, qui détermine cette induction.

2. Nous nous sommes attachés à préciser ce phénomène, et avons réalisé un travail expérimental totalisant 250 nouvelles greffes endoculaires chez la Souris et le Cobaye.

Nous avons tout d'abord éliminé le rôle du traumatisme dans la formation des globes cornés et boyaux épithéliaux, d'une part en étudiant les lésions provoquées au niveau de l'œil par l'acte opératoire et, d'autre part, en greffant un corps étranger inerte, la moelle de sureau (25 greffes).

Dans une autre série d'expériences nous avons réalisé la greffe intraoculaire de différents tissus et fragments d'organes : tissu adipeux, foie, rein, intestin, surrénale, thyroïde, peau, trachée (70 greffes en tout). Dans aucun cas nous n'avons observé la prolifération épithéliale ni la formation de globes cornés.

Nous avons ensuite cherché à préciser l'existence éventuelle, dans le

---

([1]) R.-M. May, *Arch. Anat. Microsc.*, 26, 1930, p. 433.

([2]) R.-M. May, *Bull. biol. France et Belg.*, 85, 1951, p. 305.

poumon, d'un « support » de cette propriété. Chez 27 animaux nous avons greffé des fragments de poumon détruits par broyage mécanique ou par la chaleur (eau à 56° pendant quelques minutes) : nous n'avons jamais observé d'action inductrice sur l'épithélium cornéen. Sur 100 greffes de poumon de nouveau-né, pratiquées chez la Souris et le Cobaye, nous avons observé que la prolifération de l'épithélium cornéen ne se produit jamais si le greffon pulmonaire n'a pas de contact avec cet épithélium. Par contre, elle se produit *toujours* si le contact est réalisé, au niveau de l'incision opératoire du limbe cornéen, par où est introduit le greffon.

Dans une dernière série d'expériences nous avons voulu déterminer si la propriété étudiée s'exerçait exclusivement sur l'épithélium cornéen ou si d'autres épithéliums étaient capables de réagir de la même façon au contact du tissu pulmonaire.

a. Chez dix souris nous avons greffé simultanément, toujours dans la chambre antérieure de l'œil de la Souris adulte, ce tissu et des fragments de trachée de nouveau-né : la trachée n'a pas réagi.

b. Par contre, dans 22 greffes simultanées de poumon et de peau de Souriceau nouveau-né, pratiquées selon la même technique, nous avons pu observer trois fois, au contact du poumon, la prolifération anarchique de l'épiderme cutané, avec formation de globes cornés qui envahissent le greffon pulmonaire. Seule la partie de la peau qui est immédiatement en contact avec le poumon semble réagir.

3. *Conclusions.* — 1° Le tissu pulmonaire greffé dans la chambre antérieure de l'œil paraît posséder, et posséder seul, parmi les tissus normaux, une propriété induisant la prolifération anarchique de l'épithélium cornéen à l'intérieur du greffon et la kératinisation des boyaux épithéliaux ainsi provoqués, donnant à ces formations, sur coupe, l'aspect des globes cornés observés dans les épithéliomas malpighiens.

2° Cette propriété s'exerce également vis-à-vis de l'épithélium cutané.

3° Il semble que ce soit le parenchyme pulmonaire, et non les conduits aériens, qui soit responsable de la prolifération épithéliale.

4° Pour que cette propriété se manifeste, il faut et il suffit que le greffon pulmonaire soit en contact direct avec l'épithélium sur lequel elle se produit.

5° Ce pouvoir inducteur paraît lié à la conservation d'un certain métabolisme du tissu implanté et disparaît si le tissu est altéré.

6° La prolifération épithéliale induite est anarchique, mais limitée dans le temps (elle se résorbe en même temps que le greffon après environ 2 mois) et dans l'espace (elle n'envahit que le greffon pulmonaire et ne donne pas de métastases).

Des expériences nombreuses qui ont été faites (505 greffes), il résulte que le tissu pulmonaire posséderait une *propriété inductrice proliférative*

vis-à-vis des épithéliums cornéen et cutané. Nous en donnons les détails dans un travail plus complet (3).

BIOLOGIE MARINE. — *Répartition de la faune interstitielle dans un segment de plage sablo-vaseuse du bassin d'Arcachon.* Note de M. **Jean-P. Boisseau** et Mlle **Jeanne Renaud**, présentée par M. Louis Fage.

Sur un segment de plage sablo-vaseuse du bassin d'Arcachon, perpendiculaire à la côte, et situé dans la zone de balancement des marées, nous avons prélevé dans dix stations, équidistantes de 6 m, une carotte de 5 cm de diamètre et de 70 cm de long. Chaque carotte a été découpée en sept tronçons de 10 cm et dans chaque tronçon nous avons prélevé 75 cm^3 de sable, dont la microfaune a été qualitativement et quantitativement déterminée à l'aide d'une technique originale que nous décrivons ailleurs. L'ensemble de ces opérations a été répété deux fois. Les résultats exposés ci-dessous ont été acquis entre le 15 décembre 1954 et le 5 janvier 1955.

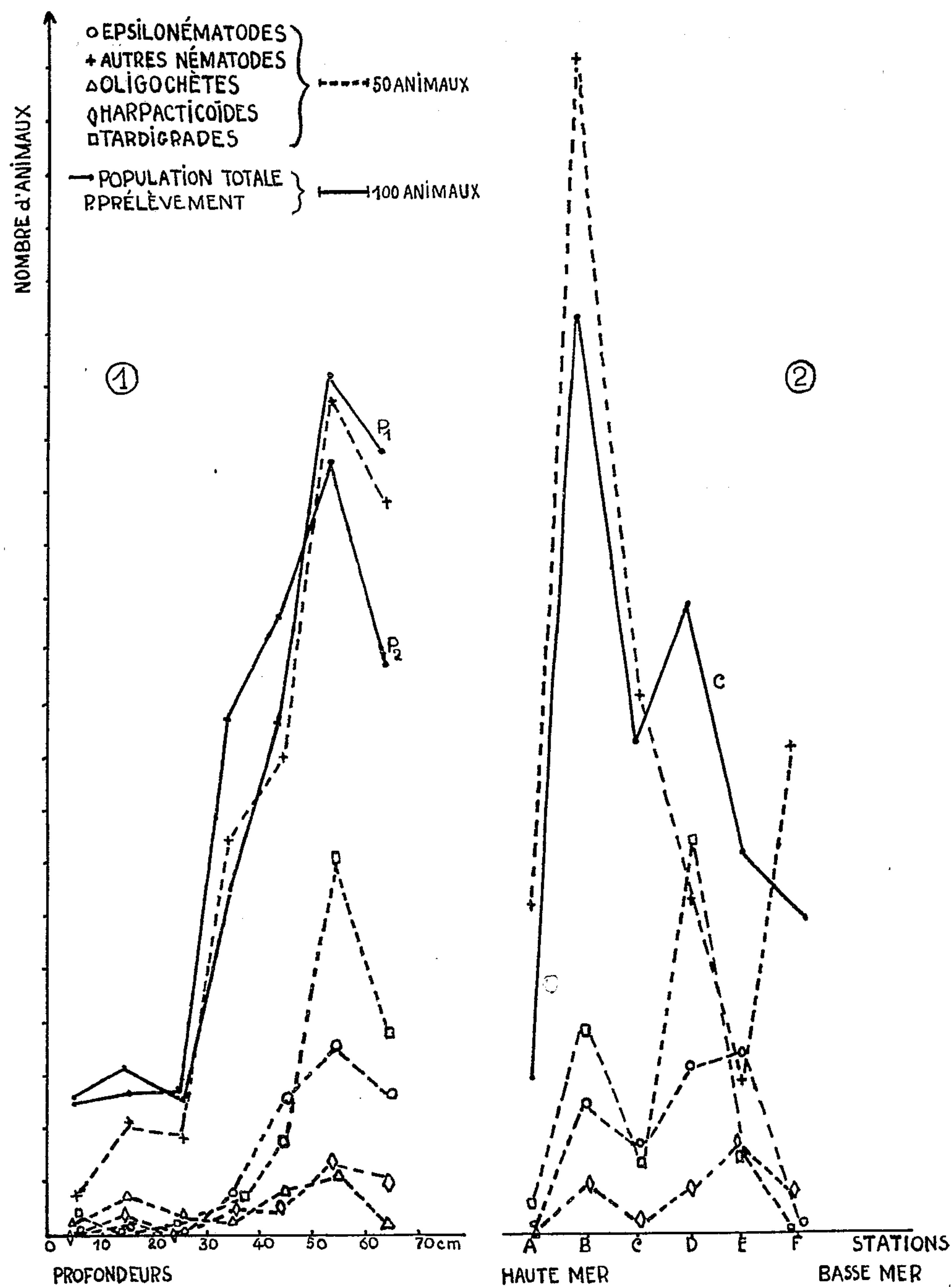
A. *Variabilité.* — Les résultats numériques se sont révélés approximativement constants au cours des deux essais, lorsque les prélèvements sont effectués dans des conditions identiques, au même niveau, à la même profondeur, au moment de la basse mer et à l'intérieur de périodes où les températures diurnes et nocturnes sont semblables. La première série de prélèvements a fourni 5 593 animaux, la seconde 5 486; sur la figure 1 les courbes P_1 et P_2 indiquent les variations numériques de la population globale suivant la profondeur, pour la première et la deuxième série de prélèvements : sans être parfaite la concordance est très satisfaisante.

B. *Répartition verticale.* — Dans une même station la comparaison des strates successives révèle une augmentation du nombre global des animaux et des différents groupes considérés séparément, de la surface à — 70 cm. Cette augmentation n'est pas continue : entre 0 et — 30 cm les densités sont faibles et sensiblement égales, avec le plus souvent un léger maximum entre — 10 et — 20 cm. Puis, de — 30 à — 60 cm, le nombre d'animaux augmente régulièrement et considérablement pour diminuer ensuite. Ces phénomènes se répétant à chaque station, les courbes P_1 et P_2 (*fig.* 1) traduisent les résultats globaux obtenus en totalisant par strate les nombres obtenus à chaque station.

Les courbes exprimant les variations quantitatives propres aux Nématodes, Epsilonématodes, Oligochètes, Harpacticoïdes et Tardigrades, par rapport à la profondeur, ont une même allure générale, identique à celle de la courbe représentant les variations numériques globales de la population entière de chaque strate.

(3) P. Ganter, *Thèse méd.*, Paris, 1955, 368 pages.

C. *Répartition horizontale.* — D'une station à l'autre la densité de la population n'est pas constante : elle présente deux maximums, inégalement



importants, situés à un niveau moyen et distants d'une douzaine de mètres. Ils correspondent approximativement au niveau moyen de haute

mer et au niveau moyen des marées. La courbe C (*fig.* 2) représente la répartition horizontale de la population globale. Cette courbe à deux sommets est la somme de phénomènes semblables à l'échelle des divers groupes d'animaux constituant la population. Cependant, les zones de densité maximum et minimum ne coïncident pas totalement pour les divers groupes et présentent des décalages caractéristiques.

Ces premiers résultats semblent montrer qu'au moins dans un laps de temps donné, la répartition de la microfaune interstitielle n'est pas quelconque et reste relativement constante. Des recherches en cours devront préciser les lois auxquelles obéissent ces répartitions et leurs variations.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Les produits de l'action de la* L-*acidaminodéshydrogénase du foie de Dindon sur l'arginine, l'ornithine et la lysine.* Note de MM. **Paul Boulanger** et **Roger Osteux**, présentée par M. Maurice Lemoigne.

Les produits de l'action de la L-acidaminodéshydrogénase du foie de Dindon sont pour la L-arginine, l'acide α-céto-δ-guanidinovalérique, pour la L-ornithine, l'acide α-céto-δ-aminovalérique, en équilibre avec l'acide Δ^1-pyrroline-2-carboxylique; le produit de désamination de la L-lysine se comporte pratiquement dans toutes les réactions comme l'acide Δ^1-pipéridine-2-carboxylique.

Dans une Note précédente [1], nous avons mis en évidence la nature cyclique du produit de désamination de la L-lysine par la L-acidaminodéshydrogénase du foie de Dindon, et nous l'avons identifié à un acide Δ^1-pipéridine-carboxylique, réductible catalytiquement en acide pipécolique. Une étude plus poussée de la désamination des acides aminés bibasiques nous a conduits aux résultats suivants.

L-Arginine. — Après désamination en présence de catalase et chromatographie dans le solvant butanol-acétique, on décèle deux composés, A_1 et A_2 (voir *figure* ci-contre), que leurs R_F et plusieurs réactions spécifiques (Sakaguchi, 2.4-dinitrophénylhydrazine) permettent d'identifier respectivement à l'*acide α-céto-δ-guanidinovalérique* et à l'*acide δ-guanidinobutyrique;* après réduction, on observe sur les chromatogrammes une nouvelle tache A_3, qui n'est autre que l'acide α-hydroxy-δ-guanidinovalérique provenant de la réduction de l'acide α-cétonique (A_1); une tache très faible, A_4, n'a pas été identifiée (γ-guanidinobutanol?). Le dosage de l'acide α-cétonique par le sulfate cérique correspond à peu près exactement à la quantité d'arginine initiale et le chromatogramme révèle la transformation complète en acide γ-guanidinobutyrique. Ces observations sont entièrement confirmées par l'emploi de L-arginine uniformément marquée par ^{14}C.

(1) *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 406.

L-Ornithine. — Après la désamination par un enzyme purifié, en présence de catalase, le chromatogramme comporte une tache O_1 qui réagit avec la ninhydrine d'une façon atypique (jaune grisâtre) et qui donne très faiblement la réaction des acides α-cétoniques; la révélation par l'*o*-aminobenzaldéhyde donne deux taches jaune citron (O_1 et O_2). D'autre part, le produit de désamination donne *in vitro* avec l'*o*-aminobenzaldéhyde un composé jaune citron (O_3); par addition de 2.4-dinitrophénylhydrazine, il se forme un précipité jaune brun, fondant à 211-212°C comme l'hydrazone de l'acide α-céto-δ-aminovalérique; la présence de cet acide est confirmée par le dosage au sulfate cérique.

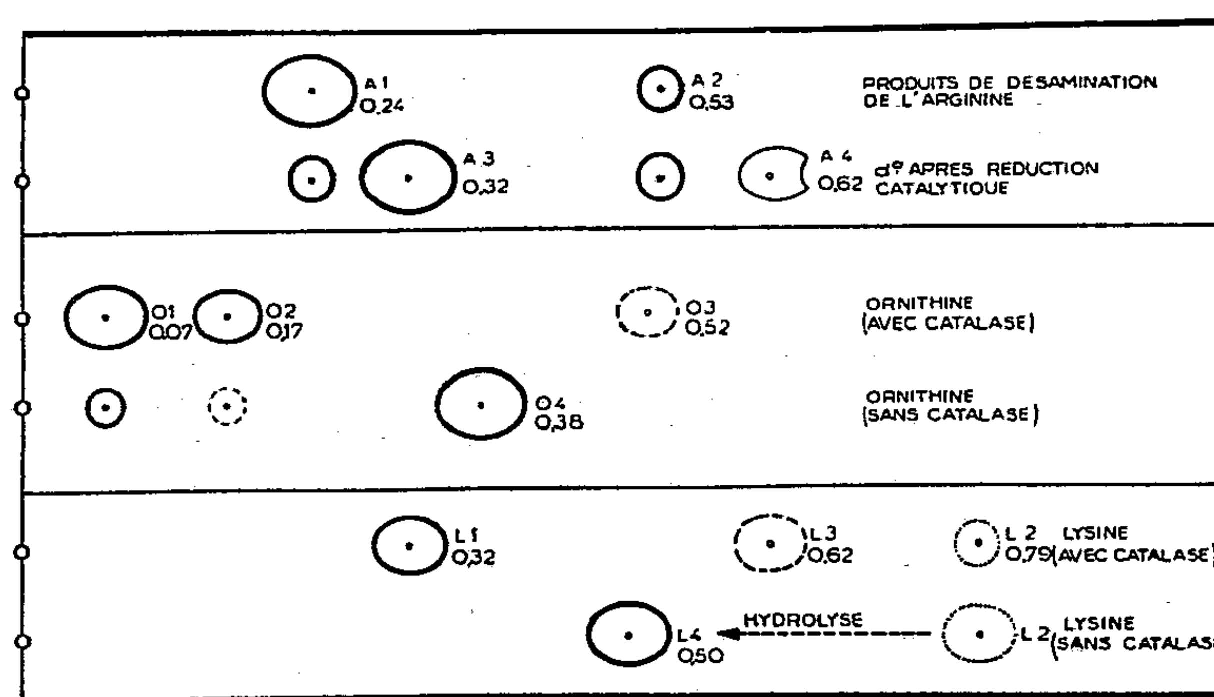
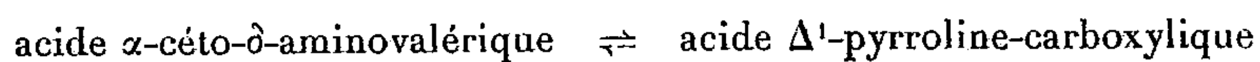


Schéma des chromatogrammes unidimensionnels (solvant butanol/acide acétique/eau, 5 : 1 : 4, — papier Whatman n° 1). — Pour A_1, A_2, O_1, O_2, etc., *voir* le texte. L_1 : tache donnant une réaction à la ninhydrine très faible et de teinte grisâtre; teinte orange avec l'*o*.aminobenzaldéhyde (= ac. Δ^1-pipéridine-carboxylique); L_3 : dérivé de L_1 avec l'*o*.aminobenzaldéhyde (orangé); L_2 : lactame de l'acide δ-aminovalérique (révélée seulement par sa radioactivité); L_4 : acide δ-aminovalérique (obtenu par hydrolyse de L_2). Toutes ces taches sont très radioactives lorsqu'on opère avec de la L-lysine-^{14}C.

En l'absence de catalase, la transformation directe en acide γ-aminobutyrique (O_4) est pratiquement quantitative. Tous ces résultats, confirmés par l'emploi de L-ornithine-^{14}C, sont en faveur de l'α-désamination de l'ornithine en acide α-cétonique, en équilibre avec le produit de cyclisation :

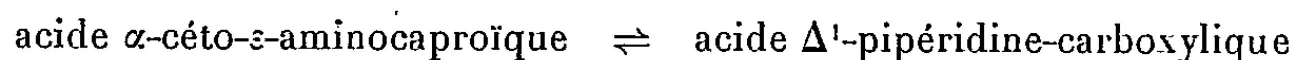

acide α-céto-δ-aminovalérique $\rightleftharpoons$ acide Δ^1-pyrroline-carboxylique

réaction qui explique toutes les constatations expérimentales, en particulier la réduction catalytique en DL-proline.

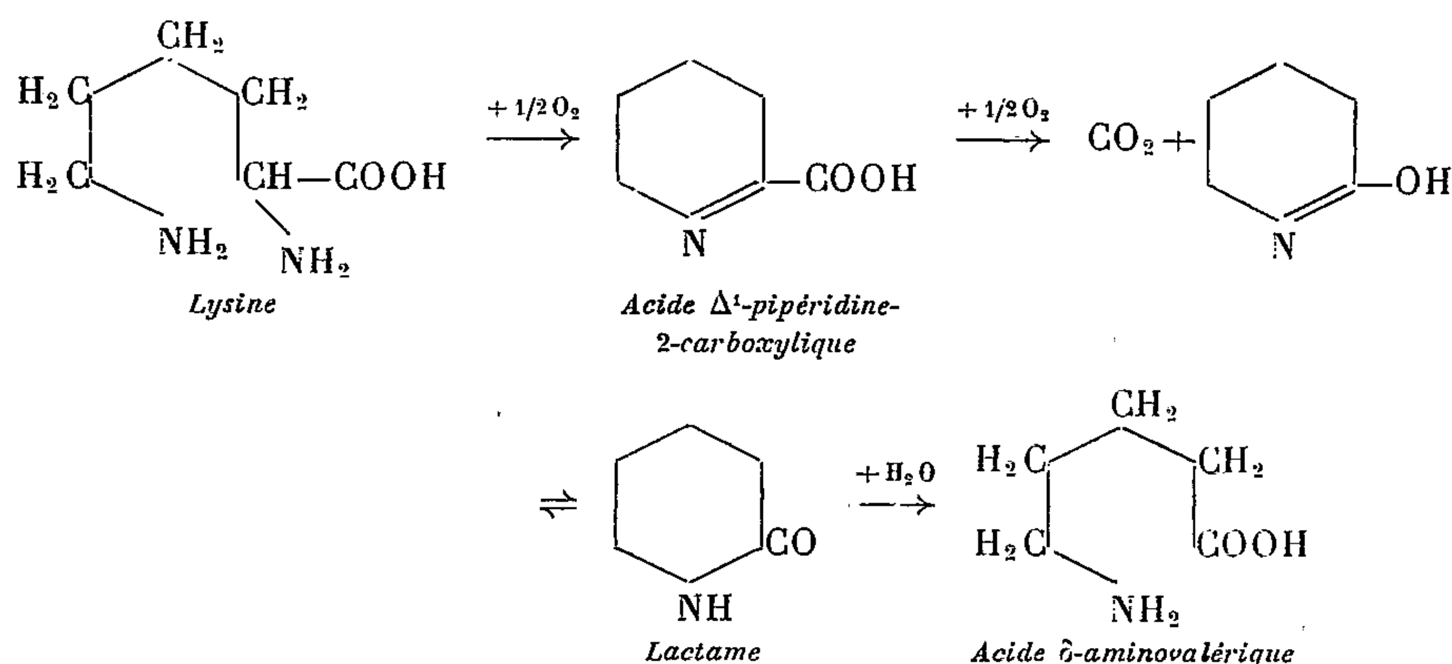
L-*Lysine.* — Le comportement de la lysine est analogue, mais nous n'avons pu mettre en évidence la forme α-cétonique du produit de la réaction, aussi bien sur les chromatogrammes qu'en solution; seule la décarboxylation par le sulfate cérique est positive, mais non quantitative [*cf.* Meister (2)].

(2) *J. Biol. Chem.*, 206, 1954, p. 587.

Il semble que la réaction :



soit pratiquement totale dans le sens de gauche à droite et que le produit réagisse toujours sous sa forme cyclisée. Une confirmation de cette façon de voir est fournie par le fait que la désaminase, en l'absence de catalase, ne donne pas l'acide δ-aminovalérique, mais bien la *lactame*, l'acide étant identifié seulement après hydrolyse; d'où le schéma réactionnel :



On peut donc admettre que la L-acidaminodéshydrogénase du foie de Dindon catalyse l'α-désamination des deux acides αω-diaminés; ceci rejoint les constatations faites par Rothstein et Miller ([3]) avec la lysine chez le Rat, mais contraste avec l'ω-désamination de l'ornithine décrite par Stetten ([4]) chez les Mammifères.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur la présence de vitamine* B_{12} *dans les vins.* Note de M. **Émile Peynaud** et Mlle **Suzanne Lafourcade**, présentée par M. Maurice Lemoigne.

Récemment, J. B. B. Castor n'a pas trouvé d'activité B_{12} vis-à-vis de *Lactobacillus leichmannii* dans un moût de raisins frais, mais a observé une activité mesurable apparaissant durant la fermentation ([1]). L'optimum correspond au moment de la multiplication rapide des levures. Après fermentation le vin obtenu titre 0,02 γ/l d'activité B_{12}.

Lactobacillus leichmannii n'est utilisable comme organisme-test que pour des doses relativement importantes de vitamine B_{12} et, de plus, il est

([3]) *J. Biol. Chem.*, 211, 1954, p. 851.
([4]) *J. Biol. Chem.*, 189, 1951, p. 499.

([1]) *Applied Microb.*, 1, 1953, p. 97.

sensible à certaines purines et à la thymine. Nous avons employé dans notre étude la méthode de R. R. Burkholder [2], modifiée dans les modalités opératoires par C. Calet et A. Rerat [3], qui utilise un mutant d'*Escherichia coli*. Cet organisme répond spécifiquement à la cyanocobalamine; il est cependant légèrement sensible à la méthionine, mais à des doses 50 000 fois supérieures à celles de B_{12}. On connaît le principe général de la méthode : il consiste à mesurer par néphélométrie la réponse de croissance de la souche d'*Escherichia coli* 113-3, cultivée sur un milieu contenant toutes les substances énergétiques et facteurs de croissance indispensables, sauf B_{12}, et additionné de la solution à doser. On compare au comportement d'une gamme-étalon préparée avec des quantités connues de vitamine B_{12}. On transforme la cobalamine par addition de KCN en cyanocobalamine pour obtenir la totalité de l'activité B_{12}. L'alcool du vin est chassé au préalable à 50° sous le vide et son acidité est exactement neutralisée.

Le dosage a été appliqué à 10 jus obtenus par écrasement de raisins mûrs, à 12 vins blancs et à 16 vins rouges de la région de Bordeaux, d'âges divers. Le tableau ci-dessous rassemble quelques résultats, exprimés en µg par litre.

Moûts de raisin.	Merlot, Saint-Émilion	0
	Cabernet-Sauvignon, Pessac	0,04
	Merlot, Pessac	0,13
Vins blancs.	Entre-deux-Mers 1953	0
	Sauternes 1947	0,05
	Premières Côtes	0,07
	Sainte-Croix-du-Mont	0,10
	Bordeaux supérieur 1954	0,16
Vins rouges.	Pomerol 1949	0,04
	Margaux 1952	0,06
	Saint-Émilion 1954	0,08
	Margaux 1953	0,10

Nous avons trouvé dans les moûts de 0 à 0,13 γ/l, avec une moyenne de 0,050 γ; dans les vins blancs de 0 à 0,16, avec moyenne de 0,075 et dans les vins rouges 0,04 à 0,10 avec moyenne de 0,062. Le raisin contient donc déjà le plus souvent des traces mesurables par *Escherichia coli* d'activité B_{12}, que ne paraît pas influencer par ailleurs l'action de *Botrytis cinerea*, agent de la pourriture. Les vins en contiennent généralement davantage que les moûts, les teneurs dépassent rarement cependant le dixième de µg par litre. Il semble que les vins jeunes soient les plus

(2) *Science*, New-York, 114, 1951, p. 459.
(3) *Ann. Zootechnie*, 3, 1954, p. 247.

riches et que le taux de B_{12} diminue au cours du vieillissement. Les vins blancs sont un peu mieux pourvus; il est possible que l'anhydride sulfureux utilisé à leur conservation protège la vitamine B_{12} par un mécanisme antioxygène déjà signalé (4).

L'augmentation d'activité B_{12} au cours de la fermentation alcoolique en culture pure a toujours été observée par nous sur jus de raisin; par contre, elle n'a pu être mise en évidence en milieu de culture minéral simple, contenant tous les facteurs de croissance nécessaires aux levures, et l'azote assimilable sous forme de sulfate d'ammonium, d'asparagine et de caséine hydrolysée. Un moût de raisin est passé de 0,05 γ/l avant fermentation à 0,12 γ aussitôt après; dans un autre exemple on a noté une augmentation de 0,06 à 0,11. Cette aptitude des levures à produire de petites quantités de substances douées d'une activité B_{12} n'avait jamais été signalée avant Castor.

Les teneurs rencontrées sont cependant minimes. En admettant que toute l'activité dosée dans les vins soit due à la cyanocobalamine, sans être absolument négligeable au point de vue nutritionnel, on ne peut, cependant, la considérer que comme un apport très faible.

MICROBIOLOGIE. — *Une méthode simple de purification du virus de la peste aviaire atypique*. Note de M. **Ewald Edlinger** et Mlle **Christiane de Vaux-Saint-Cyr**, présentée par M. Robert Courrier.

Le virus de la peste aviaire atypique, préalablement purifié par absorption et élution sur des hématies, peut être précipité par diminution de la concentration saline et amené à un haut degré de pureté, mais il perd la plus grande partie de son pouvoir hémagglutinant.

L'auteur hongrois, Gy. Takatsy (1), (2) a trouvé qu'une suspension du virus de la grippe, préalablement purifié par absorption et élution sur des globules rouges, précipite par diminution de la concentration saline.

Nous avons voulu essayer si cette méthode est également applicable au virus de la peste aviaire atypique (virus de la maladie de Newcastle).

100 cm^3 de liquide chorioalantoïde d'œufs embryonnés infectés par le virus de Newcastle (ce virus nous a été fourni par le Docteur J. Vieuchange de l'Institut Pasteur de Paris), sont mélangés à $+4^\circ$ C avec 100 cm^3 d'une suspension d'hématies de poules à 2 %. Après 15 mn d'absorption, les hématies sont resuspendues dans 100 cm^3 d'eau physiologique

(4) C. H. Kriegel, *J. Assoc. agric. chemists*, 37, 1954, p. 781.

(1) *Acta Med. Ac. Sc. Hung.*, 3, 1952, p. 185-191.

(2) *Acta Microb. Ac. Sc. Hung.*, 1, 1954, p. 35-48.

(0,9 % Na Cl). Après un séjour de 30 mn à 37° C, le surnageant est recueilli et constitue la suspension de virus élué. Cet éluat est dilué à raison de 1 : 9 dans de l'eau bidistillée. Après un séjour de 1 h ou de 24 h à + 4° C, une centrifugation à 3 000 t/mn pendant 30 mn donne un culot (culot non purifié) qui, resuspendu dans 20 cm³ d'eau physiologique, est de nouveau centrifugé à la même vitesse pendant 15 mn. Ce dernier surnageant constitue la suspension de virus purifié.

Les microdosages d'azote ont été faits selon la méthode colorimétrique mise au point par B. Lubochimsky et J. P. Zalta [3]; le titrage d'hémagglutination selon la technique de Lépine et coll. [4], et la détermination de la dose infectieuse 50 % (DI 50) selon la méthode des taux cumulatifs de L. J. Reed et H. Muench [5] avec cinq œufs embryonnés par dilution.

Voici les résultats :

	Teneur totale calculée pour 100 cm³ du liquide initial.			Rapports	
	μg N (*) Log₁₀.	DI 50 (**) Log₂.	HA titre (*) Log₁₀.	DI 50 / μg N.	log DI 50 / log HA.
Liquide chorioallantoïde infecté	157 080 (± 15 000)	10,925 (± 0,025)	16,5 (15,7–17)	5,73	5,95
Éluat	3 263 (± 1 590)	10,90 (± 0,125)	15,8 (11,6–16,0)	7,39	6,43
Culot non purifié (1 h de dilution)	587 (± 279)	11,05	10,1 (9,53–10,6)	8,28	7,91
Virus purifié (1 h de dilution)	219 (± 108)	10,69 (± 0,34)	9,3 (8,3–10,3)	8,35	7,89
Virus purifié (24 h de dilution)	186 (± 6)	11,18 (± 0,12)	9,1 (8,3–9,6)	8,92	8,43

(*) Moyenne arithmétique de cinq expériences.
(**) Moyenne arithmétique de deux ou trois expériences.
( ) Dérivations maxima et minima de la moyenne. HA : unité hémagglutinante.

Ainsi, la méthode de Takatsy peut aussi être utilisée pour le virus de Newcastle. Par cette méthode, la suspension purifiée semble même être plus riche en virus que le liquide initial; mais cette augmentation peut être imputée aux marges très larges d'erreur de la méthode de détermination

(3) *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 36, 1954, p. 1363.
(4) P. Lepine, V. Sauter et L. Reinie, *Ann. Inst. Pasteur*, 72, 1946, p. 523.
(5) *Amer. J. Hyg.*, 27, 1938, p. 493.

de la DI 50. On ne peut pas exclure que les pertes probables en DI 50 au cours de la purification soient compensées par l'élimination des inhibiteurs de l'infectiosité présents dans des suspensions non purifiées. La purification est poussée à un très haut degré : en effet, si l'on admet avec Schäfer et coll. (6), un poids moléculaire de 800.10^6, et avec Cunha et coll. (7), environ 10 % d'azote pour une particule-virus, on obtient :

$$\frac{1}{10}\,\frac{800.10^6}{6.10^{23}}\,10^6 = 10^{-9,89}\,\mu g \text{ d'azote par particule-virus.}$$

La DI 50 du virus purifié possède donc une teneur en azote qui se rapproche sensiblement de la teneur théorique de dix particules-virus.

Contrairement aux observations faites sur le virus de la grippe (Takatsy, *loc. cit.*), il y a une diminution très forte du pouvoir hémagglutinant du virus de Newcastle au cours de la purification. On savait déjà (Cunha et coll., *loc. cit*) que l'éluat présente ce phénomène, mais le rapport log DI 50/log HA continue, au cours de la purification ultérieure, à augmenter de telle façon que l'on doit se demander si le pouvoir hémagglutinant n'est pas lié, pour la plus grande part, à des produits non infectieux de la multiplication du virus de Newcastle.

Ces expériences montrent qu'il faut être prudent dans l'utilisation de l'eau bidistillée pour extraire les virus des tissus, car ce phénomène de précipitation dans des solutions oligosalines pourrait aussi se manifester chez d'autres virus.

BACTÉRIOLOGIE. — *L'influence de la chloromycétino-résistance sur la virulence de* Salmonella typhi *et* Salmonella paratyphi *B*. Note de M. **Miloutine Djouritchitch**, transmise par M. Gaston Ramon.

Plusieurs auteurs ont signalé que la souche de *Salmonella typhi* devient plus ou moins facilement résistante à la chloromycétine. Ils ont montré aussi que cette souche devenue résistante pouvait changer de morphologie et de propriétés biologiques.

Nous avons, de notre côté, pris cinq souches de *Salmonella typhi* et cinq souches de *Salmonella paratyphi B*. Toutes ces souches se sont montrées sensibles vis-à-vis de la chloromycétine dans une mesure allant de 2,5 à 5 $\mu g/cm^3$.

Au cours des 25 passages poursuivis en bouillon ordinaire avec addition d'une proportion de chloromycétine de plus en plus élevée, nous avons

(6) W. Schäfer, G. Schramm et E. Traub, *Z. Naturforschg*, 4 b, 1949, p. 157.

(7) R. Cunha, M. L. Weil, D. Beard, A. R. Taylor, P. G. Sharp et J. W. Beard, *J. Immunol.*, 55, 1947, p. 69.

obtenu la résistance de *Salmonella typhi* à 120-960 μg/cm³. En même temps, les souches de *Salmonella paratyphi B* sont devenues résistantes de 60 à 400 μg/cm³.

Dans ce travail, nous nous sommes intéressé à la question de la virulence des souches devenues chloromycétino-résistantes.

Dans une première expérience, nous avons utilisé quatre souris blanches de 20 g chacune; deux de ces souris ont été inoculées par la voie intrapéritonéale avec 0,5 cm³ d'une dilution au 1/10ᵉ de la culture en bouillon de 24 h d'une souche *Salmonella typhi* devenue résistante à 960 μg/cm³. Pour le contrôle, nous avons inoculé en même temps les deux autres souris avec la même dose de souche originale sensible à la chloromycétine.

Les souris qui ont été inoculées avec la souche sensible sont mortes dans les 24 h, tandis que les souris inoculéss avec la souche devenue chloromycétino-résistante sont restées vivantes. Le matériel pris dans le cœur, les organes et cavité péritonéale de souris mortes donne une culture pure de *Salmonella typhi*.

La même expérience est renouvelée avec la souche chloromycétino-résistante à 400 μg/cm³. Le résultat est le même que celui obtenu dans l'expérience précédente.

Pour la deuxième expérience, nous avons pris un groupe de quatre cobayes de 300 g; deux de ces cobayes ont été inoculés, sous la peau du ventre, avec 1 cm³ de culture en bouillon de 24 h diluée au 1/10ᵉ, de la souche *Salmonella paratyphi B*, devenue résistante à 400 μg/cm³ de chloromycétine. Deux autres cobayes du même groupe ont été inoculés de la même manière et avec la même dose mais avec la souche originale, sensible à la chloromycétine.

Déjà au cours des premières 24 h après l'inoculation des cobayes au moyen de la souche originale nous avons remarqué un œdème d'une grosseur d'une amande, à l'endroit de l'inoculation. Cet œdème s'est développé les jours suivants et une escarre s'est formée au cours de la deuxième semaine. Chez les cobayes inoculés avec la souche devenue auparavant chloromycétino-résistante, aucune lésion n'est apparue à l'endroit de l'inoculation.

La même expérience a été faite sur des souris. Nous avons pris quatre souris blanches de 20 g chacune et nous avons inoculé à deux de ces souris par voie sous-cutanée, 0,5 cm³ d'une silution au 1/50ᵉ de culture de 24 h, de *Salmonella paratyphi B* devenue chloromycétino-résistante. Deux autres souris ont été inoculées de la même manière et aux mêmes doses, mais avec la souche originale, c'est-à-dire chloromycétino-sensible.

Vingt-quatre heures plus tard, les deux souris qui ont été inoculées avec la souche originale ont montré, à l'endroit de l'inoculation, un œdème de la grosseur d'un haricot, tandis que les deux autres souris qui ont reçu

la souche chloromycétino-résistante n'ont présenté aucune lésion visible. L'œdème constaté sur les deux premières souris se transforme au cours de la deuxième semaine en une escarre.

Les mêmes résultats sont obtenus avec la souche *Salmonella paratyphi B* devenue résistante à 60 μg/cm³ de chloromycétine.

Ces expériences nous prouvent qu'il existe une grande différence, au point de vue de la virulence, entre la souche originale chloromycétino-sensible et la souche devenue chloromycétino-résistante. Tandis que les souches originales de *Salmonella typhi* et de *Salmonella paratyphi* B sont virulentes pour les animaux d'expériences, les souches devenues chloromycétino-résistantes perdent entièrement leur virulence.

A quel moment la souche de *Salmonella* chloromycétino-résistante commence-t-elle à perdre sa virulence ? Jusqu'ici, nous ne saurions le dire. Dans nos expériences, la perte de virulence est la même pour *Salmonella typhi* chloromycétino-résistante à 960 μg qu'à 400 μg/cm³ et pour *Salmonella paratyphi B* chloromycétino-résistante à 400 μg et à 60 μg/cm³.

Il résulte de nos expériences que *Salmonella typhi* et *Salmonella paratyphi B* devenues chloromycétino-résistantes perdent leur virulence à l'égard des animaux d'expériences. Cette constatation peut avoir sa valeur pratique.

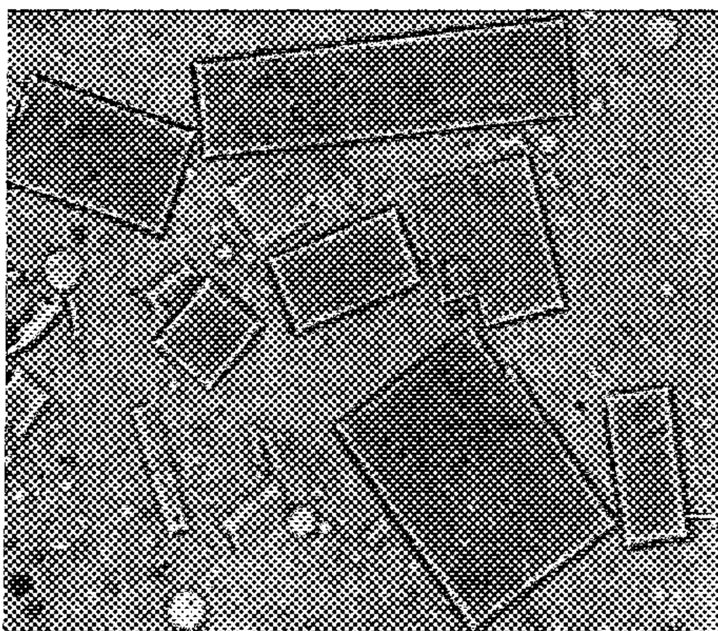
ENTOMOLOGIE MÉDICALE. — *Répercussion des états pathologiques de l'homme sur les « cristallisations » de l'hémoglobine, dans le sang ingéré par les Réduvidés hématophages.* Note de M. **François Pick**, présentée par M. Émile Roubaud.

Depuis la découverte des cristaux d'hémoglobine par F. L. Hünefeld (¹) en 1840, les recherches portant sur la cristallisation de l'hémoglobine humaine sont restées peu nombreuses. En utilisant des procédés physico-chimiques différents, O. Funke (²) en 1852, V. von Lange (³) en 1862, S. Moncton Copeman (⁴) en 1890, E. Th. Reichert et A. P. Brown (⁵) en 1909, H. Goffart (⁶) en 1926, C. Perrier et P. Jenelli (⁷) en 1931 et F. Haurowitz, A. Winkler et F. Kraus (⁸) ont obtenu des formes prismatiques rectangulaires

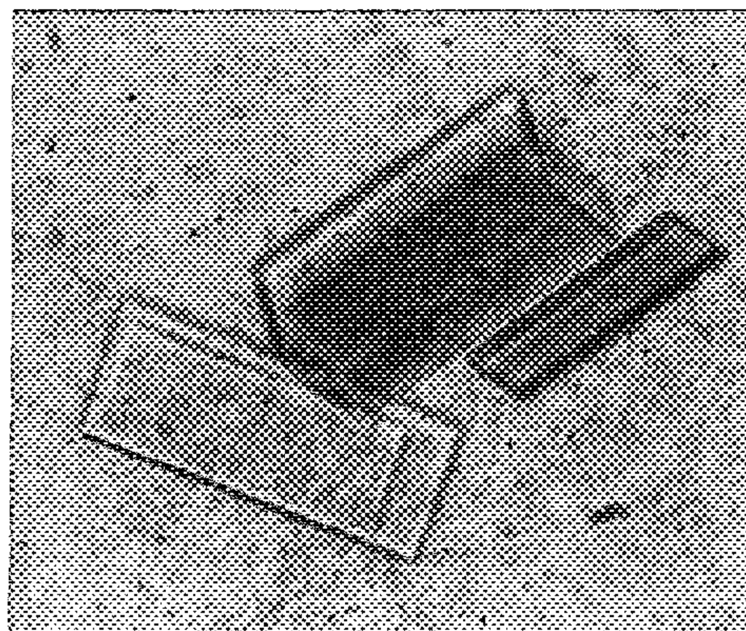
(1) *Der Chimismus in der thierischen Organisation*, Leipzig, 1840.
(2) *Ztschr. f. rationnelle Med.*, **2**, 1852, p. 288.
(3) *Sitzungsber. Akad. Wiss. Wien, math. naturwiss. Kl.*, **46**, 1862, p. 1.
(4) *J. Physiology*, **11**, 1890, p. 401.
(5) *The Crystallography of Hemoglobin.*, Carnegie Inst., Washington, 1909.
(6) *Zool. Jahrb., Abt. Allg. Zool. Physiol.*, Tiere, **42**, 1926, p. 193.
(7) *Arch. Fisiologia*, **29**, 1931, p. 289.
(8) *Ztschr. physiol. Chemie*, **232**, 1935, p. 125.

ou rhomboédriques (angles de 54° environ), tandis que D. L. Drabkin ([9]), en 1946, a rencontré des cristaux en forme de bi-pyramides tétragonales. En partant de malades souffrant d'une anémie à hématies falciformes, M. F. Perutz, A. M. Liquori et F. Eirich ([10]) en 1951, ont obtenu des cristaux en forme d'aiguilles orthorhombiques, ou des prismes terminés par des dômes.

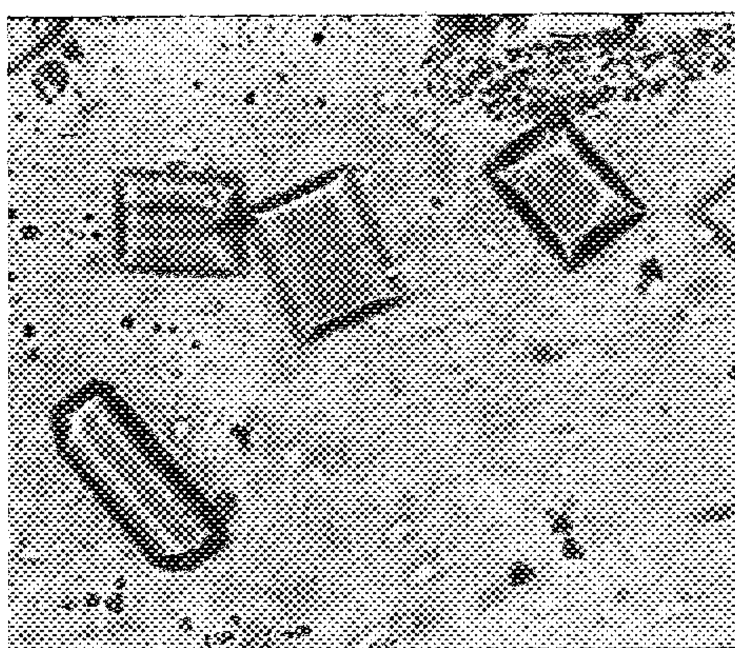
C. Bojanowski ([11]), en 1863, a observé que le sang humain ingéré par des



A (× 100)



B (× 100)



C (× 45)



D (× 100)

Cristallisations rédnvidiques de l'hémoglobine humaine. — A, enfant sain de 3 ans; B, Trois formes cristallographiques différentes obtenues d'un enfant de 10 mois atteint de poliomyélite; au contact du cristal normal on observe un cristal en forme de flèche, forme que nous avons rencontrée au cours d'une épidémie de poliomyélite, chez 10 enfants paralysés, 2 enfants et un adulte de 36 ans apparemment sains; le troisième cristal montre des angles de 75°. C, Cristaux atypiques rencontrés chez un enfant de 13 ans souffrant d'un ictère hémolytique. D, Cristaux d'hémoglobine d'un Homme de 63 ans souffrant d'un cancer du poumon; la forme cristallographique du milieu, représentant un prisme terminé par des dômes, s'est rencontrée jusqu'alors dans différents types de tumeurs malignes.

([9]) *J. Biol. Chem.*, **164**, 1946, p. 703.

([10]) *Nature*, **167**, 1951, p. 929.

([11]) *Ztschr. wiss. Zoologie*, **12**, 1863, p. 312.

Hirudinés cristallise plus facilement que le sang frais. G. Amantea et C. Krzyszkowsky ([12]), en 1920, ont fait la même constatation en utilisant la saponine pour traiter le sang de malades souffrant d'anémie pernicieuse. Par contre, G. Amantea, U. Falaschi et S. Mele ([13]), en 1923, ont examiné le sang de 200 malades, très variés, à l'aide de la même technique de la saponine : ils n'ont rencontré aucune différence dans les cristaux d'hémoglobine, par rapport aux sujets normaux.

Nous avons noté les observations de F. Stuhlmann ([14]) sur la cristallisation de l'hémoglobine d'un cobaye dans le jabot des *Glossina fusca* et *Gl. tachinoïdes* et celles de G. Amantea ([15]) qui signale avoir rencontré chez *Ixodes ricinus* une cristallisation biologique de l'hémoglobine du chien, du chat et du cobaye; nous avons nous-même démontré que l'hémoglobine d'un sang en général ([16]) et celle de l'Homme en particulier ([17]), ingérées par des représentants des Réduvidés hématophages appartenant aux genres *Panstrongylus*, *Eutriatoma*, *Triatoma* et *Rhodnius* cristallisent d'une manière spécifique dans le liquide digestif de ces insectes. Nous avons appelé cette nouvelle réaction physiologique des Réduvidés hématophages : « Cristallisation réduvique » de l'hémoglobine.

La présente Note rend probable que certains états pathologiques de l'Homme sont susceptibles de se répercuter d'une manière spécifique et souvent morphologiquement très appréciable sur les cristallisations réduvidiques de l'hémoglobine des malades (*fig.*).

A 15 h 50 m l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16 h 10 m.

L. B.

([12]) *Arch. Fisiologia*, 18, 1920, p. 87.
([13]) *Arch. Fisiologia*, 21, 1923, p. 411.
([14]) *Arb. Kaiserl. Gesundheitsamte*, 26, 1907, p. 301.
([15]) *Boll. Soc. Biol. Sperim.*, 1, 1926, p. 66.
([16]) *Bull. Soc. Path. exot.*, 45, 1952, p. 326.
([17]) *Arch. Soc. Biologia*, 20, 1953, p. 83.

ERRATA.

(*Comptes rendus* du 9 mai 1955.)

Note présentée le 2 mai 1955, de MM. *Jean-Claude Pecker* et *Henri van Regemorter*, La largeur équivalente des raies dans l'hypothèse d'un modèle Schuster-Schwarzschild :

Page 1858, formules (2′), (3), (4) et avant-dernière, *remplacer* $b_{(1)}$ par $b_{(\lambda)}$ et x_0 par X_0



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 11 JUILLET 1955.

PRÉSIDENCE DE M. ARMAND DE GRAMONT.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

Notice nécrologique sur PAUL BECQUEREL, *Correspondant pour la Section de Botanique* (1879-1955),

par M. **RAOUL COMBES**.

PAUL BECQUEREL, petit-fils d'Edmond Becquerel, et neveu d'Henri Becquerel, né à Paris le 14 avril 1879, est mort à Évian le 22 juin 1955. Il avait été élu correspondant de l'Académie des Sciences pour la Section de Botanique le 29 octobre 1945.

Licencié ès-sciences naturelles en 1903, docteur ès-sciences en 1907, assistant à la Faculté des Sciences de Paris dès cette même année, il était nommé professeur de Botanique à la Faculté des Sciences de Poitiers en 1927. Il devait occuper cette chaire jusqu'au jour de sa retraite.

Ses premières recherches, commencées en 1904, furent orientées vers la Physiologie végétale, et pendant 50 ans elles portèrent pour la plus grande part sur les caractères physiques, chimiques, biologiques, ainsi que sur la structure, de la matière vivante végétale lorsqu'elle se trouve en état d'activité ralentie ou suspendue, soit par suite de l'évolution normale des tissus ou celle des cellules — graines, spores — soit sous l'action d'une privation d'eau, d'oxygène ou sous l'influence des basses températures.

A l'époque où débutèrent ses recherches, deux conceptions se trouvaient en présence pour expliquer la permanence de la vie dans les tissus des graines mûres, où toute manifestation active paraît supprimée; certains physiologistes, et parmi eux Claude Bernard, retenant que ces organes sont capables de se conserver en vie au cours de séjours dans des gaz toxiques, ou dans l'alcool absolu, les anesthésiques, les solutions alcooliques de bichlorure de mercure, que les échanges gazeux avec l'atmosphère extérieure paraissent être arrêtés, admettaient que la vie s'y trouvait

suspendue; ils considéraient les graines mûres comme en état de vie latente. Pour d'autres, Van Tieghem, Gaston Bonnier, elles se trouvaient seulement en état de vie ralentie; les échanges gazeux y sont faibles mais ne sont pas totalement arrêtés; le dosage du gaz carbonique et de l'oxygène permet de les mettre en évidence.

Paul Becquerel entreprend tout d'abord l'étude des conditions physiques du passage des gaz à travers les téguments de la graine et à l'intérieur des embryons; il est ainsi amené à constater l'imperméabilité aux gaz et aux liquides de la plupart des téguments des graines lorsque ces dernières sont parvenues à un certain état de déshydratation. Il montre que c'est grâce à cette cuirasse imperméable, isolant les parties vivantes des graines du milieu extérieur, que ces dernières peuvent résister au séjour dans les gaz et les liquides toxiques, et non parce que la vie est suspendue dans les embryons. Privées de leur tégument protecteur, les graines sont rapidement tuées par les corps toxiques.

Mais il est possible de suspendre expérimentalement les phénomènes de la vie, et Paul Becquerel en donne de multiples démonstrations en opérant sur des graines, des spores de Fougères, de Mousses, de Champignons, sur des Bactéries, des grains de pollen, des Algues unicellulaires, et même sur certains animaux réviviscents : Anguillules, Rotifères, Infusoires, kystes d'amibes. Il y parvient en les soumettant à une déshydratation aussi complète que possible, en présence de baryte anhydre, sous le vide. Ainsi, privés de la plus grande partie de leur eau, ces différents organismes ou parties d'organismes peuvent supporter pendant plusieurs heures, sans être tués, des températures de — 253° dans l'hydrogène liquide et même de — 269° dans l'hélium liquide. Après avoir été soustraits au froid et réhydratés, ils reprennent leur activité. Il était ainsi établi qu'il est possible de suspendre les phénomènes de la vie sans provoquer la mort; le protoplasme de certains végétaux et de quelques animaux, lorsqu'il est passé à l'état solide par déshydratation, peut, en effet, conserver dans le vide, à basse température, et à l'abri de la lumière, la propriété de revivre.

En 1906, Paul Becquerel s'intéresse à la durée de la vie chez les graines conservées après dessiccation naturelle. Des données diverses avaient été publiées sur la longévité extraordinaire de semences trouvées dans de très anciennes sépultures, dans le sol ou dans des herbiers, mais sur l'âge desquelles les auteurs étaient insuffisamment renseignés. Becquerel détermine le pouvoir germinatif de graines appartenant aux collections du Muséum d'histoire naturelle et dont l'âge, compris entre 25 et 135 ans, était rigoureusement établi. Sur plus de 500 espèces de graines essayées, 23 seulement produisirent des germinations, 18 Légumineuses, dont la plus âgée avait 87 ans, 3 Nélombiées, âgées de 18 à 56 ans, 1 Malvacée,

de 64 ans, et 1 Labiée de 77 ans. Toutes les autres avaient perdu leur pouvoir germinatif. Au cours de nouvelles expériences effectuées en 1933, il put obtenir la germination de deux graines de *Cassia multijuga* âgées de 158 ans. Il attribue ces phénomènes de longévité exceptionnelle au fait que les tissus de ces graines avaient subi une forte déshydratation et que leur tégument épais était imperméable à l'air.

De 1937 à 1939 dans une autre série de recherches concernant encore la structure du protoplasma végétal, Paul Becquerel entreprend de déterminer l'effet du gel sur les cellules végétales, de rechercher les causes de la mort par le froid et d'expliquer par quel mécanisme les tissus gelés peuvent continuer à vivre après avoir subi le dégel. On admettait alors que la mort après le gel était due à une déshydratation accompagnée de plasmolyse. En déterminant le gel à — 190° dans l'azote liquide, Paul Becquerel constate que les cellules traitées ont perdu leur turgescence mais ne présentent pas de phénomène de plasmolyse. Sous l'action du froid le protoplasma et le noyau se transforment en gels spongieux opaques et laissent exsuder une partie de leur eau. C'est un phénomène de synérèse et non de plasmolyse que détermine le gel. Au moment du dégel, si les particules colloïdales ne peuvent reprendre leur liaison avec l'eau, elles s'agglutinent en grosses micelles, il y a coagulation et le cytoplasme meurt; chez certains tissus, capables de perdre rapidement leur eau, et dont la concentration du suc vacuolaire est élevée, les colloïdes vivants parviennent à reprendre leur eau au moment du dégel, la réversibilité de la synérèse devient possible et elle permet la survie des organes.

On doit à Paul Becquerel d'autres travaux dont nous ne pouvons que mentionner brièvement les résultats.

Il établit que les spores de Bactéries et de Champignons qui résistent si facilement à la déshydratation la plus poussée et aux basses températures voisines du zéro absolu, sont rapidement tuées par les radiations ultraviolettes.

Les Mousses cultivées sur un milieu minéralisé et glucosé peuvent continuer à vivre, et même à croître, dans des tubes où un vide partiel a été réalisé. Elles produisent de l'oxygène et de l'azote et parviennent à subsister dans ces conditions pendant plusieurs années.

Citons encore ses recherches sur la nutrition minérale des Mousses développées en culture pure, son étude de la nécrobiose cellulaire effectuée grâce à un mélange colorant qu'il a mis au point, son travail sur l'évolution vasculaire chez les plantules de Lupin, qui le conduit à adopter et à défendre la théorie de Gustave Chauveaud, ses expériences sur les variations brusques chez les Zinnias, son étude des sécrétions de la racine de Lin, qui se montrent toxiques pour cette plante et inactives pour le Blé, le Colza, la Luzerne, le Lupin.

Paul Becquerel a enrichi de faits nouveaux importants nos connaissances sur des états très particuliers de la matière vivante végétale, ces faits se rattachant étroitement au grand problème de la conservation de la vie dans la matière. En 1915, il reçut de notre Académie le prix de Physiologie végétale de Rufz de Lavison, dont il fut le premier titulaire.

HYDRAULIQUE. — *Influence de la forme des éléments de batardeau sur leur descente en eau vive.* Note de MM. **Léopold Escande** et **Louis Castex**.

Cette influence est très grande et la réduction des surfaces horizontales améliore la descente.

Nos premières expériences sur la descente en eau vive des éléments de batardeau ont mis en évidence [1] le fait que les forces verticales agissant sur les treuils de manœuvre atteignent parfois le triple du poids de l'élément et sont soumises, dans certains cas, à des fluctuations brusques et violentes.

Nous avons étudié l'influence de la forme du batardeau sur ces efforts anormaux et ces secousses brutales.

Les essais, effectués sur huit formes différentes de l'élément, ont souligné l'importance de ce facteur et le très grand intérêt de réduire le plus possible les surfaces horizontales.

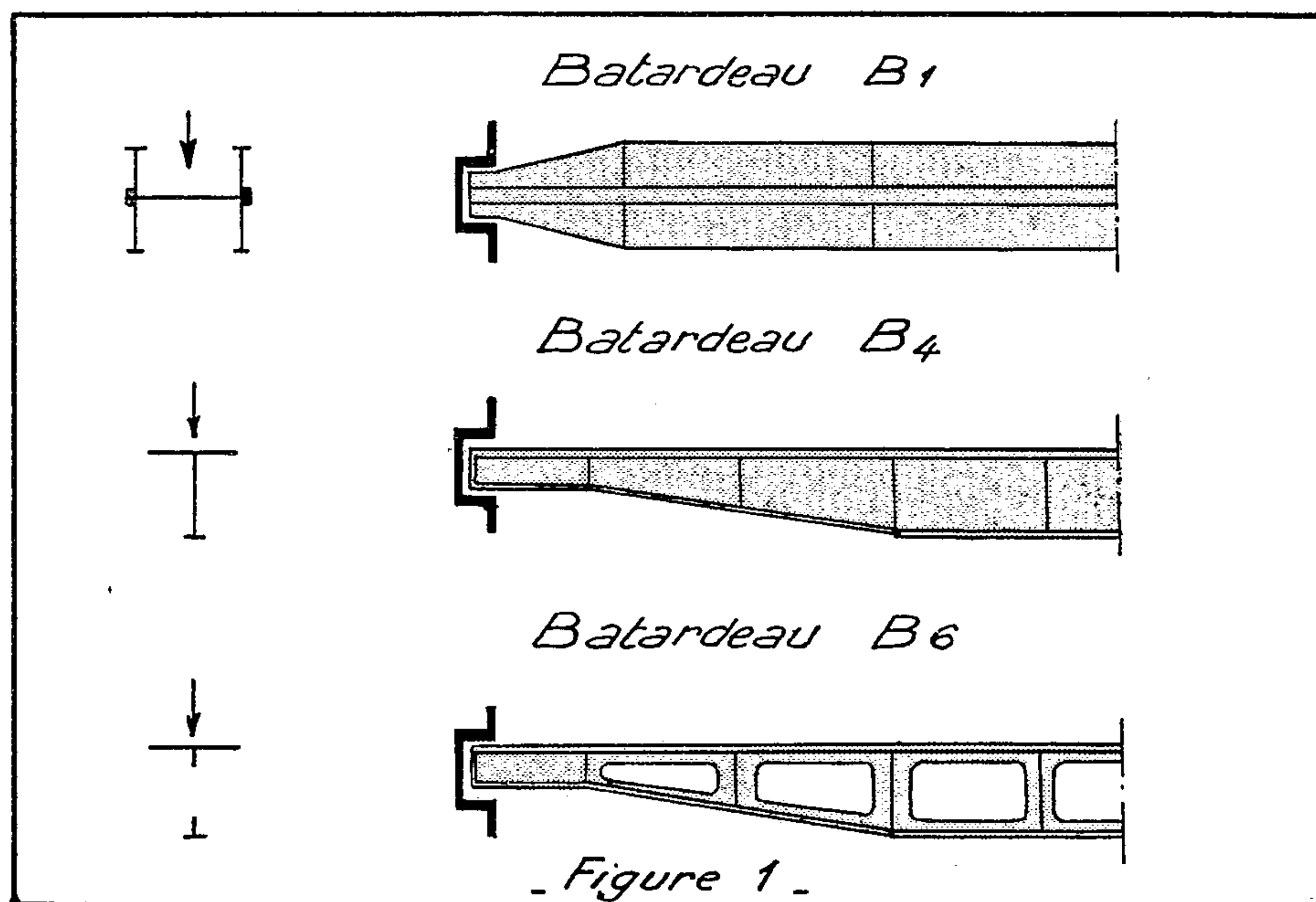
En particulier, avec le batardeau B-4 (*fig.* 1), de poids 27 t, les secousses subies par l'élément ont provoqué plusieurs ruptures de câble et ont nécessité, de ce fait, la modification du dispositif de suspension : les mesures n'ont pu être effectuées qu'au point fixe (*fig.* 2), l'élément de batardeau étant suspendu à des hauteurs $h = 2$ m, puis $h = 4$ m au-dessus du fond du canal, pour un tirant d'eau amont toujours fixé à 8,40 m (valeurs ramenées à l'ouvrage réel cinq fois plus grand que le modèle étudié). La figure 3 donne l'effort maximum enregistré par l'anneau dynamométrique, lors des secousses subies par le batardeau, en fonction de la vitesse d'attaque. Les valeurs atteintes, très élevées, s'expliquent par l'ampleur des déplacements de l'élément; ceux-ci atteignent 3,50 m à l'échelle du batardeau réel (0,70 m sur le modèle) : l'élément se soulève spontanément, reste quelques instants en équilibre, puis retombe violemment en tendant brusquement les câbles qui sont alors soumis à un effort dynamique très élevé.

Si, au moyen de larges évidements, on réduit au minimum la surface

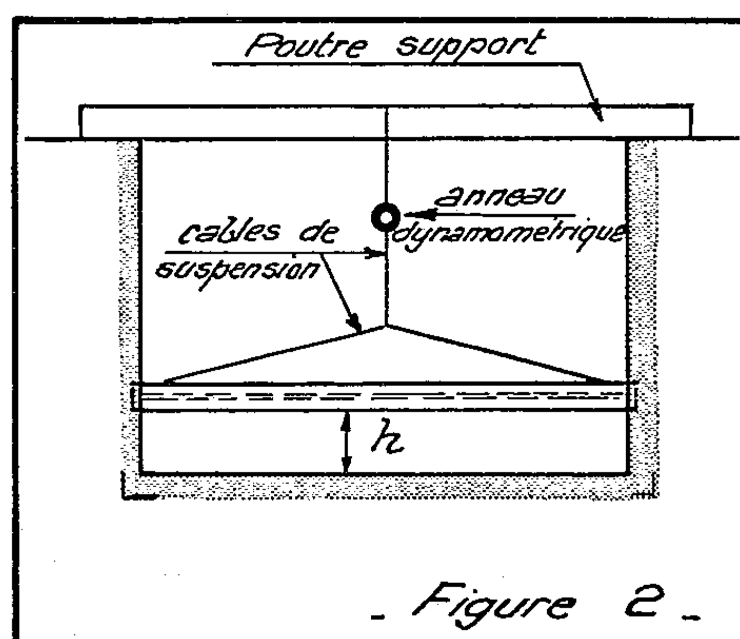
---

(1) *Comptes rendus*, 240, 1955, p. 1291.

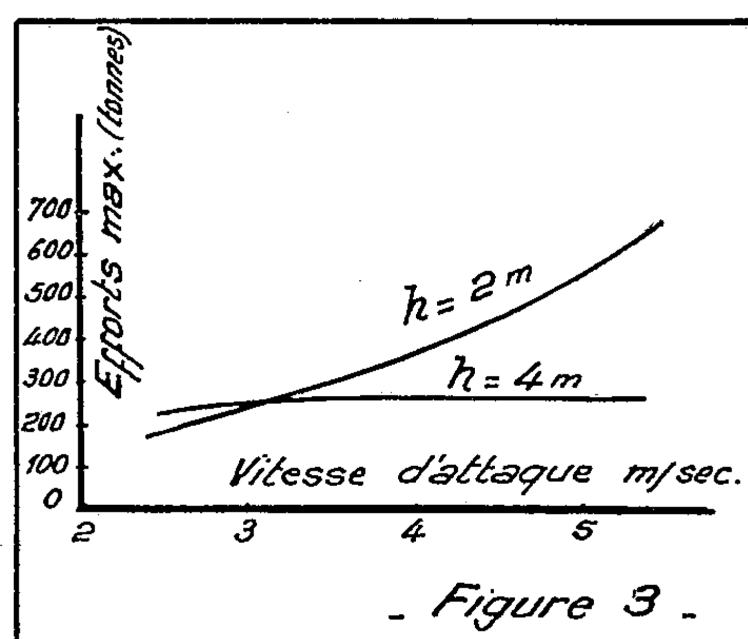
horizontale de l'élément B-4, qui devient alors l'élément B-6 (*fig.* 1), de poids 22,5 t, on élimine ce phénomène, et il est alors possible d'enre-



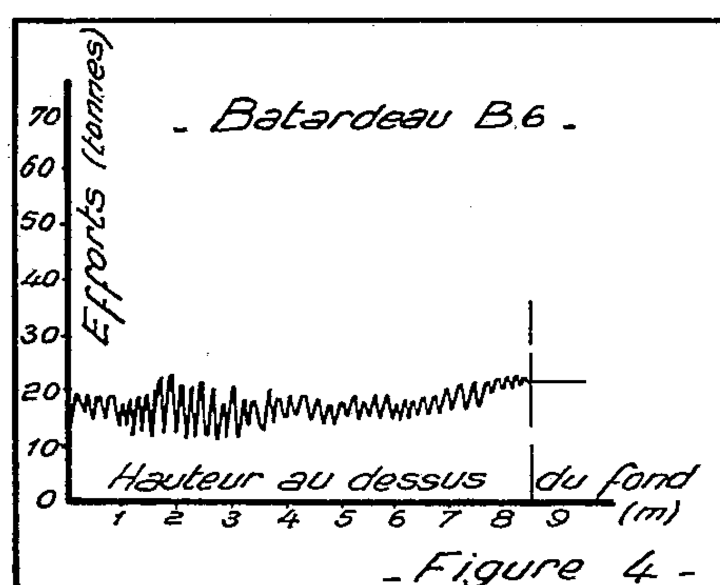
– Figure 1 –



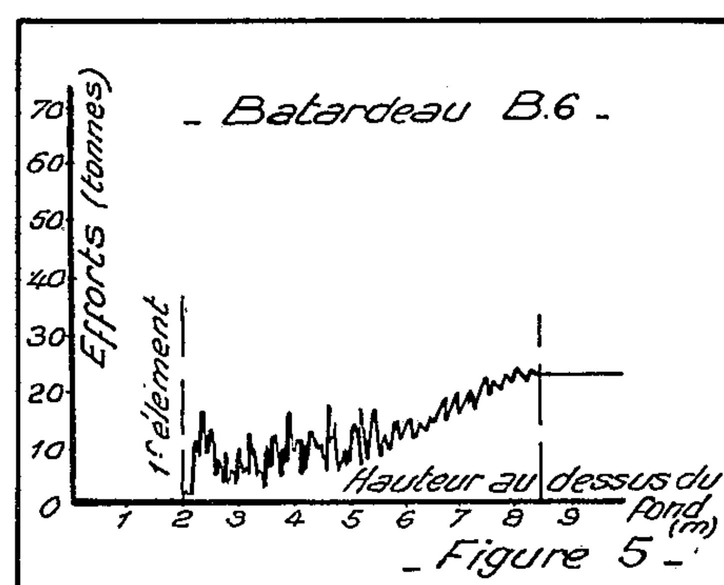
– Figure 2 –



– Figure 3 –



– Figure 4 –



– Figure 5 –

gistrer les efforts, d'une manière continue, à l'aide du dispositif déjà décrit dans notre première Note ([2]).

La figure 4 reproduit un enregistrement obtenu pour la descente du premier élément B-6 et donne l'effort vertical sur le câble du treuil de manœuvre en fonction de la position du batardeau pour une vitesse d'attaque de 3 m/s.

La comparaison de la figure 4 avec la figure 2 de notre première Note ([2]), relative à la descente, dans les mêmes conditions, de l'élément B-1, d'un poids de 32 t, montre d'une façon très nette, l'amélioration obtenue par la réduction des surfaces horizontales caractérisant le batardeau B-6.

D'une part, l'effort maximum sur le treuil, qui atteignait le double du poids du batardeau pour la descente de l'élément B-1, demeure égal à ce poids pour l'élément B-6. D'autre part, les fluctuations de l'effort sont également réduites. L'amplitude maximum qui était de 25 t lors de la descente de l'élément B-1, ne dépasse pas 10 t pour l'élément B-6.

De même, alors que pour B-1, le deuxième élément ne peut rejoindre le premier, préalablement descendu, dès que la vitesse d'attaque atteint 2,25 m/s, la descente complète a été observée, pour toutes les vitesses étudiées, allant jusqu'à 3,34 m/s dans le cas de l'élément B-6. Il est intéressant de comparer à cet égard la figure 5, relative à la descente du deuxième élément B-6, avec une vitesse d'attaque de 3,34 m/s, à la figure 3 de notre première Note ([2]) concernant le deuxième élément de batardeau B-1, avec une vitesse d'attaque égale seulement à 2,50 m/s.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la constitution de l'isooxyrubrène. La triphénylnaphtacénone.* Note (*) de MM. **Charles Dufraisse, André Étienne** et **Jacques Perronnet.**

Le corps décrit antérieurement comme étant la triphénylnaphtacénone est en réalité, la diphénylphénylènenaphtacénone, VIII. Un faisceau de preuves est présenté, y compris la description de la triphénylnaphtacénone véritable, VI.

On a appelé « isooxyrubrène » ([1]) le produit d'isomérisation par les sels de magnésium du photooxyde, III, de rubrène. Deux formules provisoires avaient été suggérées, l'une par L. Enderlin ([2]), l'autre, beaucoup plus tard, par I. Gillet ([3]), comme suite à une étude spectrale. G. M. Badger, R. S. Pearce,

([2]) *Loc. cit.*

(*) Séance du 4 juillet 1955.

([1]) C. Dufraisse et M. Badoche, *Comptes rendus*, 191, 1930, p. 104.

([2]) *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 192.

([3]) *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 936.

H. J. Rodda et I. S. Walker ([4]) ont présenté, il y a peu, une nouvelle formule, II. Leurs arguments nous paraissent entièrement probants et nous adoptons leurs conclusions sans réserves. Un seul point nous a paru réclamer une étude supplémentaire. Il s'agit de la transformation de l'isooxyde en la triphénylnaphtacénone, VI, sous l'influence de l'acide sulfurique, réaction que nous avons estimée anormale, d'après ce que nous savions de la chimie des rubrénoïdes.

En réalité, comme nous allons le montrer, le corps est la diphénylphénylènenaphtacénone, VIII, $C_{36}H_{22}O$, qui diffère de VI par une cyclisation supplémentaire et par deux hydrogènes en moins. On retombe alors dans la norme, en ce qui concerne, tant les propriétés rubrénoïdes, que la notion de degrés d'oxydation, puisque la nouvelle formule, VIII, dérive de II sans changement de ses degrés d'oxydation; autrement, la formation de VI exigerait une action réductrice, bien peu vraisemblable de la part de l'acide sulfurique, ou bien alors elle mettrait en cause la validité de la formule II pour l'isooxyde. Voici nos raisons.

a. La composition centésimale trouvée (C = 91,6 %, H = 4,7 %) cadre mieux, surtout pour l'hydrogène, avec notre formule VIII, $C_{36}H_{22}O$, (C = 91,88 %, H = 4,71 %) qu'avec celle de Badger, VI (C = 91,49 %, H = 5,12 %). Signalons à ce propos, que le corps en litige donne avec le benzène un solvate à une molécule de benzène, stable jusqu'à 120° et dont la fusion se produit comme il suit : double point de fusion instantanée, l'un à 184°, avec perte du solvant et resolidification, l'autre à 244°. Le corps préalablement désolvaté à 140° fond instantanément à 245°. Le premier point de fusion du corps solvaté n'est perceptible que par la technique de détermination *au bloc de Maquenne*. La composition centésimale du solvate est C = 91,94 % et H = 5,14 %, chiffres en bien meilleur accord avec ceux de Badger (C = 91,9 %, H = 5,3 %) et qui seraient peut-être à l'origine de la divergence avec nos résultats.

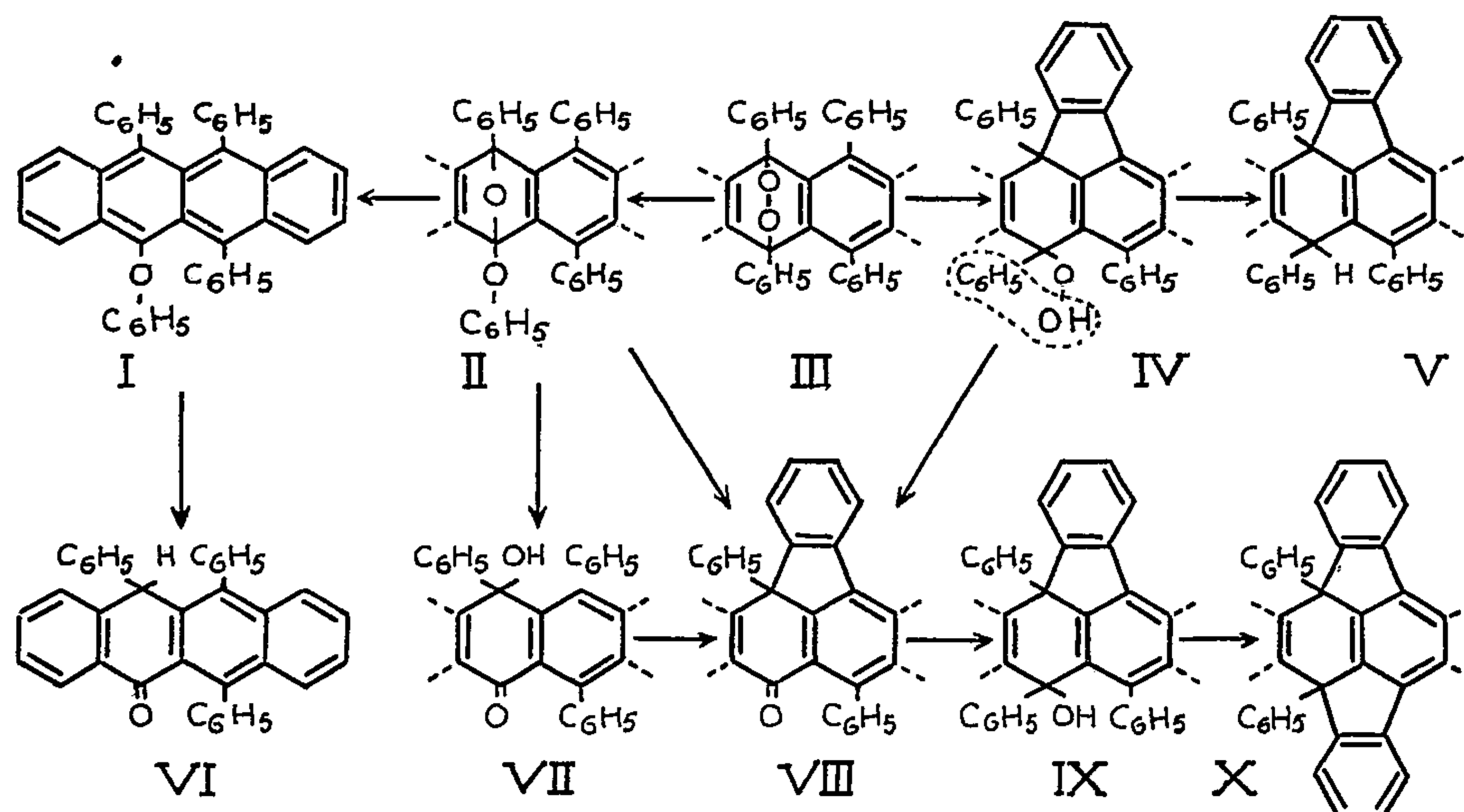
b. Le produit d'hydrolyse régulière par les acides de l'isooxyde II, est, au lieu de la naphtacénone, VI, son dérivé hydroxylé, VII, corps que Badger a préparé, mais d'une toute autre manière (oxydation permanganique du phénoxytriphénylnaphtacène, I). Nous avons établi que cette hydroxynaphtacénone VII se formait effectivement et même avec d'excellents rendements (85 %) par hydrolyse de l'isooxyde, II, à la condition de n'utiliser qu'un acide faible, l'acide acétique, et encore adouci par de l'eau (15 %).

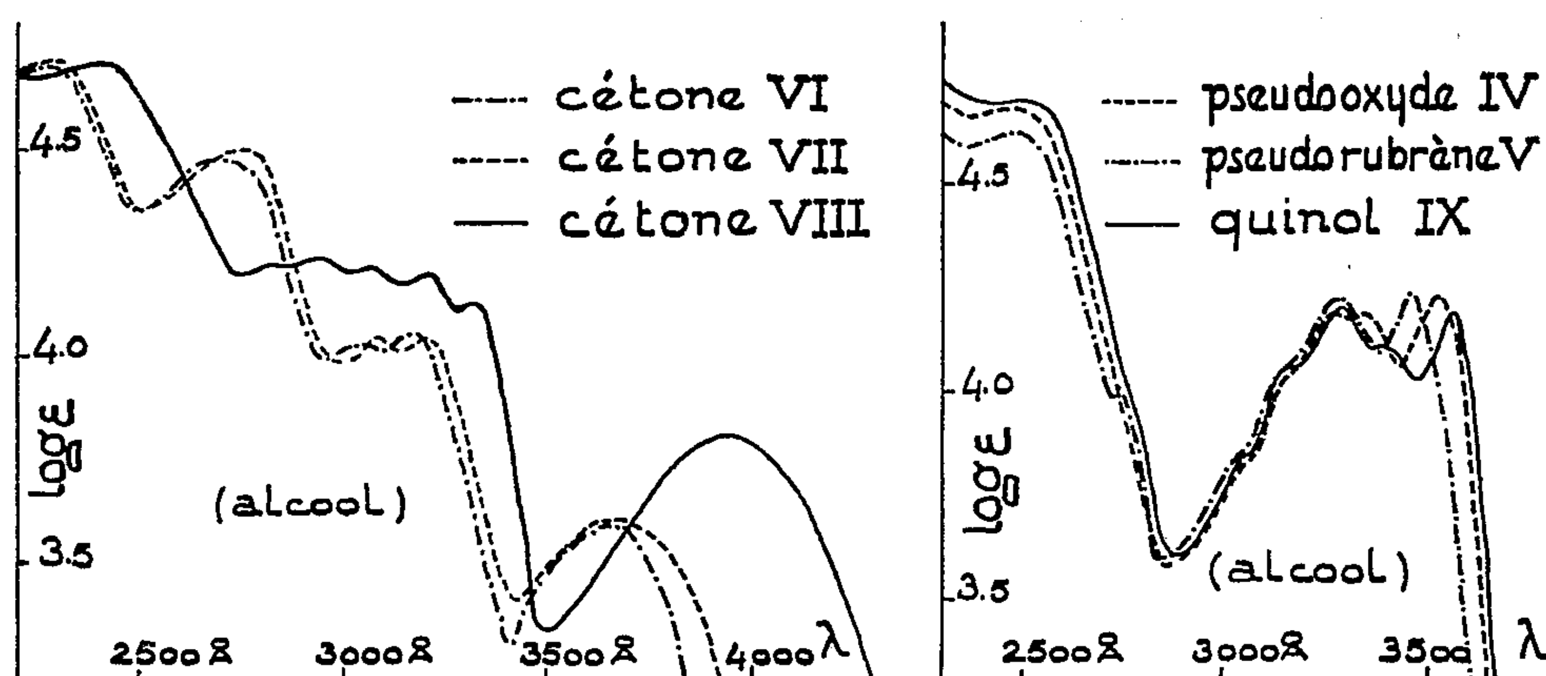
c. Mais, si l'on attaque par un acide fort, on a le réarrangement « pseudo », ainsi nommé parce qu'il a lieu avec cyclisation phénylénique,

---

([4]) *J. Chem. Soc.*, 1954, p. 3151.

comme celui qui donne le pseudorubrène ([5]), V, par traitement aux acides forts ([6]) du rubrène ou tétraphénylnaphtacène.





Effectivement, comme nous le supposions, traitée par les acides forts (SO_4H_2 7 % en acide acétique au reflux), l'hydroxynaphtacénone, VII, se transforme intégralement par perte d'eau, donc avec cyclisation, en phénylène-naphtacénone, VIII, identique au produit de Badger.

L'ensemble des deux réactions, II → VII et VII → VIII, est une démonstration du mécanisme en deux stades qui explique le passage apparemment direct II → VIII par l'acide sulfurique concentré.

([5]) C. Dufraisse et G. Amiard, *Comptes rendus*, 220, 1945, p. 695; *Bull. Soc. Chim.* (5), 12, 1945, p. 1044.

([6]) T. Moureu, C. Dufraisse et G. Berchet, *Comptes rendus*, 185, 1927, p. 1085; C. Moureu, C. Dufraisse et L. Enderlin, *Comptes rendus*, 188, 1929, p. 673.

d. Pour confirmer la constitution proposée VIII et plus spécialement pour y démontrer la présence de l'enchaînement phénylénique, on a rattaché le corps, par des transformations régulières, à deux autres produits dans lesquels cette particularité de structure est certaine.

Le corps VIII se forme par thermolyse du « pseudooxyrubrène », IV, hydroperoxyde obtenu lui-même par Enderlin ([7]) dans l'action de l'acide sulfurique sur le photooxyde III. Ce composé, dont nous avons démontré la structure phénylénique par hydrogénation (BH_4K) en pseudorubrène, V, subit la scission classique des hydroperoxydes en phénol et cétone VIII.

D'autre part, cette cétone VIII donne avec le phényllithium le carbinol IX, phénylène-9.12 triphényl-9.10.11 hydroxy-10 dihydro-9.10 naphtacène, $C_{42}H_{28}O$, F_{inst} 304-305°, facilement transformable par cyclisation supplémentaire, avec perte d'eau, en l'hydrocarbure bien connu ([8]), ([9]), X, (diphénylène-9.12.10.11 diphényl-9.10 dihydro-9.10 naphtacène).

e. On n'a pas manqué de préparer la triphénylnaphtacénone véritable, $C_{36}H_{24}O$, VI. Elle s'obtient régulièrement dans l'hydrolyse du phénoxytriphénylnaphtacène, I, par reflux dans l'acide acétique contenant 1 % HCl. C'est un corps jaune pâle, F_{inst} 197-198° (benzène-cyclohexane), donnant dans le benzène pur un solvate à une molécule de solvant (1re F_{inst} 180-182°, avec perte du solvant, et 2e F_{inst} 197-198°).

f. Enfin, les comparaisons des spectres d'absorption confirment les relations de structures entre les divers corps énumérés. En particulier VI et VII ont des spectres voisins, très différents de ceux des dérivés monocyclisés, triphénylés, IV, V et IX, dont les courbes forment un deuxième groupe également très homogène. Quant à la cétone VIII, comme on devait s'y attendre, son spectre la met nettement à part des deux.

GÉOMÉTRIE DIFFÉRENTIELLE. — *Types de courbes planes et de surfaces.*

Note de M. **Georges Bouligand**.

1. Au-delà des questions traitées en deux Notes récentes ([1]), la présente rapproche dans un espace euclidien E_2 ou E_3 des problèmes de nature ou *métrique* ou *affine*. Pour λ réel donné, soit dans E_3 une surface $S(\lambda)$ enveloppe d'un plan $O\vec{m}.\vec{n} = h(u, v)$, normal au vecteur unitaire $\vec{n}$, avec la condition

$$\lambda h + \operatorname{div}\left(\overrightarrow{\operatorname{grad}}\, h\right) = 0.$$

([7]) L. Enderlin, *Comptes rendus*, 197, 1933, p. 691.

([8]) C. Dufraisse et M. Badoche, *Comptes rendus*, 193, 1931, p. 63.

([9]) C. Dufraisse et L. Enderlin, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 183; C. Dufraisse, *Bull. Soc. Chim.*, (5), 3, 1936, p. 1857.

([1]) G. Bouligand, *Comptes rendus*, 240, 1955, p. 2103 et 2276.

Les $S(\lambda)$ se caractérisent aussi par la relation $R(\lambda)$ suivante

$$R(\lambda) \qquad 2\overrightarrow{MK} = (\lambda - 2)\overrightarrow{OH},$$

où M est le point de contact de ce plan, sur lequel O se projette orthogonalement en H et où K est milieu des centres de courbure principaux en M. Dans E_2, si l'on appelle K le centre de courbure d'une ligne $C(\lambda)$, la même $R(\lambda)$ introduit une classe connue de courbes, contenant avec les épi-, hypo-cycloïdes, certaines spirales ([2]).

2. On peut en outre, à partir d'une figure *convexe* de frontière γ et de centre O, étendre $R(\lambda)$ en réalisant entre γ d'une part, $C(\lambda)$ ou $S(\lambda)$ de l'autre, une correspondance Π par tangentes ou plans tangents parallèles, où μ sera l'image de M sur γ. Le vecteur $\overrightarrow{MK}$ d'abord normal à C ou S en M sera maintenant sur la parallèle menée par M à $O\mu$ et aura pour extrémité K ou bien le point de contact de cette droite avec son enveloppe dans E_2, ou bien le milieu des deux points de contact réels dans E_3. D'où nouveau sens donné à $R(\lambda)$. En posant $\lambda - 2 = 2c$, on a dans le plan l'équation différentielle linéaire en h,

$$(\text{ed}) \qquad \frac{h + h''}{h} + c\frac{\delta + \delta''}{\delta} = 0$$

dont le second terme, donné avec γ, est fonction périodique (période π) et positive avec c de l'angle θ de $\vec{n}$ et d'un vecteur fixe. Malgré le choix d'un repère orthogonal, apparaît ici l'invariance affine du problème (Pr) traduit par (ed), imposant à une $C(\lambda)$ liée à γ par Π d'être telle que la limite du rapport d'un arc Δs de $C(\lambda)$ et de son image $\Delta\sigma$ de γ, quand Δs tend vers zéro, ait la valeur $-ch/\delta$. Ce (Pr) relève de la théorie connue des équations $h''+h\varphi(\theta)=0$ (cas de $\varphi > 0$ et de périodicité π), permettant par exemple de majorer c pour que toute solution h reste bornée ([3]). Mieux vaut d'abord appliquer, au cas où $c(>0)$ croît à volonté, la majoration usuelle de la distance entre deux zéros consécutifs de h, donnant pour $C(\lambda)$ des tangentes de rebroussement consécutives qui passent par O. Sur l'arc $\widehat{AA'}$ ainsi décrit de $C(\lambda)$, la tangente tourne toujours dans le même sens et d'un angle qui tend vers zéro avec $1/c$. L'arc image de $\widehat{AA'}$ sur γ tend aussi vers zéro ; de cette image, on revient à $\widehat{AA'}$ en donnant un de ses éléments de contact. Dès lors, pour p fixé, un système de p arches successives de $C(\lambda)$, étudié quand c grandit, subit l'arbitraire permis dans le tracé de γ, aux p arcs associés à ces arches, et qui pourraient

([2]) G. Bouligand et G. Rabaté, *Initiation aux méthodes vectorielles*, Paris, 1927, p. 123-125.

([3]) R. Bellman, *Stability theory of differential equations*, New York, 1953, p. 123 (théorème 11).

par exemple être empruntés à p ellipses de centre O, tout en assurant à γ une tangente continue.

3. Dans E_3, l'équation (ed) fait place à une autre (ED), aux dérivées partielles, qui est elle aussi linéaire en h et de type elliptique, vu la convexité admise pour γ. En prenant pour S et γ les enveloppes des plans

$$z = Ux + Vy - f(U, V) \quad \text{et} \quad z = Ux + Vy - \varphi(U, V)$$

cette (ED) pourrait se traduire en la condition linéaire en f que voici

$$\varphi\left(\frac{d}{d\varepsilon}\right)_{\varepsilon=0} \mathcal{H}(f + \varepsilon\varphi) + 2\, cf\, \mathcal{H}(\varphi) = 0$$

en notant ε un paramètre indépendant des autres variables et $\mathcal{H}$ le hessien. Revenant aux variables u, v et à la fonction h, on a la forme finale de (ED), en posant

$$U = -\operatorname{tg} u \cos v, \qquad V = -\operatorname{tg} u \sin v, \qquad f \cos u + h = \varphi \cos u + \eta = 0.$$

La fonction h provenant de f ne se sépare plus de celle η provenant de φ; d'ailleurs (ED) n'est pas linéaire en η. En outre, l'extension affine (ED)$'$ de (ed) par la limite du rapport de deux aires aux diamètres infiniment petits, associées par Π sur S et sur γ, et avec invariance par les homothéties de centre O, est distincte de (ED) et non-linéaire en h comme en η : si bien que les propriétés des $C(\lambda)$ induisent vers d'autres concernant soit (ED), soit (ED)$'$. Les propriétés qualitatives les plus apparentes des solutions de (ED), dans la voie qui précède, se rapportent à leurs arêtes de rebroussement AR et aux aspects limites afférents pour c tendant vers $+\infty$. Soit $h(u, v)$ une solution de (ED) provenant d'une $f(U, V)$. Chaque portion connexe d'une AR de la $(S(\lambda)$ correspondante se déduit d'un composant du lieu L des points paraboliques de la surface $W = f(U, V)$ dans l'espace (U, V, W).

Or, s'il est plausible que la projection de L sur le plan $W = 0$, pour c infiniment grand, se resserre indéfiniment dans toute une aire du plan des (U, V), c'est-à-dire qu'il y ait une région de ce plan dont chaque point, quand $1/c$ tend vers zéro, soit à distance infiniment petite de L, un tel énoncé resterait à valider. La difficulté dépasse ici, de beaucoup, celle d'obtenir la même propriété pour le lieu L_0 défini par $f = 0$ dans le plan $W = 0$, c'est-à-dire l'ensemble des lignes nodales. Pour les surfaces S_α des Notes précédentes, qui répondent au cas où γ est une sphère, on atteint ce dernier résultat par une méthode que j'ai déjà signalée (⁴), mais qu'il faudrait étendre en prenant pour γ une surface convexe quelconque centrée en O. Bien que la non-linéarité du hessien complique la recherche analogue pour L, j'en souligne l'importance, *à la liaison de la géométrie différentielle classique et de l'analyse des petites vibrations des membranes*.

(⁴) G. BOULIGAND, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 63.

4. Une dernière propriété : l'image sur γ d'une portion de $S(\lambda)$ d'aire bornée, de paratingent partout plan et telle que la quantité $1/h$ et la longueur de son bord soient aussi bornées est d'aire infiniment petite.

CYTOLOGIE INFRAMICROSCOPIQUE. — *Constitution inframicroscopique des cils vibratiles des bronchioles du poumon des Mammifères.* Note de MM. **Albert Policard, André Collet** et Mme **Lucette Giltaire-Ralyte** (1).

Étude de la structure inframicroscopique des cils bronchiolaires. Présence d'un ensemble de 11 filaments inframicroscopiques. Organisation de la tige intracellulaire d'insertion des cils.

Dans un cil vibratile, la cytologie classique distingue deux parties : le cil proprement dit, ou « tige ciliaire », et la « granulation basale » sur laquelle s'insère la tige. Des observations au microscope électronique sur l'organisation inframicroscopique des dernières bronchioles du poumon du Rat nous ont permis d'apporter diverses précisions sur la structure des cils bronchiolaires.

Résultats. — I. La tige du cil (diamètre 0,15 à 0,2 μ) est constituée par un cylindre régulier de cytoplasma limité en dehors par une membrane très mince (100 Å environ). En dedans de celle-ci se trouve un système de huit à neuf filaments très réguliers, très fins (diamètre 300 Å), très denses aux électrons, tous parallèles entre eux et régulièrement espacés. Sur une coupe transversale d'un cil, on voit que ces filaments sont disposés en couronne sous la membrane, autour de la cavité centrale du cil.

Au centre du cil s'observe un groupe de deux filaments axiaux très fins (diamètre 300 Å environ), très denses et constamment accolés entre eux, ce qui donne à leur coupe transversale la forme allongée d'un ellipsoïde. Entre tous ces filaments se trouve une substance très claire, sans structure figurée apparente.

La figure ci-dessous donne une vue schématique de cette disposition, assez difficile à saisir souvent.

II. Le cil pénètre dans l'intérieur du cytoplasma cellaire. Dans la cellule, le cil apparaît, à un grossissement relativement faible (6 000), comme un bâtonnet continuant le cil, approximativement du même diamètre que lui (0,1 à 0,2 μ), mais beaucoup plus dense et, pour cela, apparaissant dans ces conditions comme une formation pleine.

A une résolution plus forte, sa constitution générale apparaît (voir *figure*). La périphérie est marquée par une membrane très mince (150 Å). En dedans,

(1) Travail fait avec la collaboration technique de Christiane Reuet et Claudine Desfosset.

se trouvent les prolongements des huit ou neuf filaments de la tige ciliaire. Au centre, le double filament est réduit à un seul beaucoup plus ténu (diamètre 100 Å). Entre les filaments périphériques et celui de l'axe est

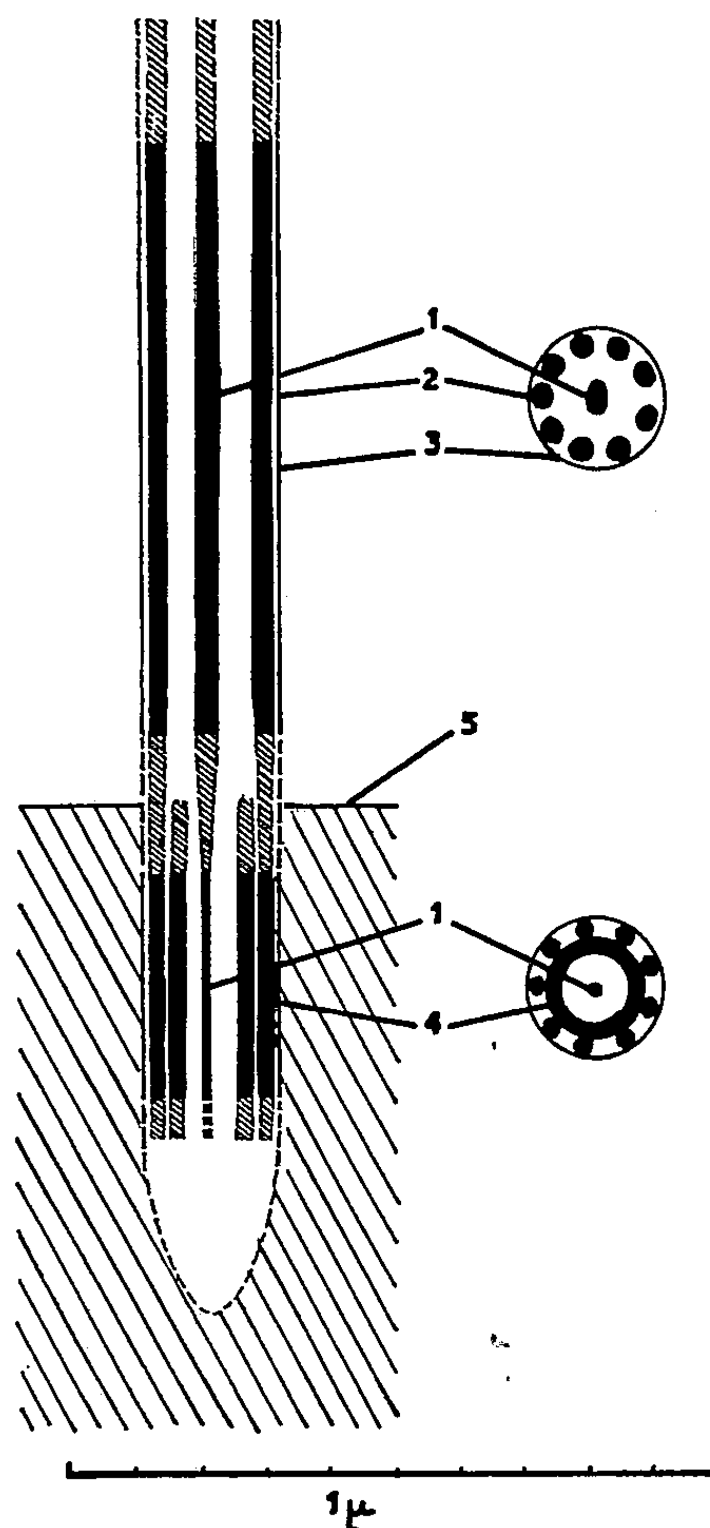


Schéma de la structure d'un cil vibratile bronchiolaire. Parties à disposition déterminée, en noir; parties à disposition encore imprécisée, en hachuré. 1, filament central; 2, filaments périphériques; 3, gaine du cil; 4, lame tubulaire accolée aux filaments périphériques; 5, limite de la cellule.

disposé une sorte de tube (épaisseur 300 Å environ). C'est lui, et la série de filaments périphériques l'enserrant, qui donne à la partie intracytoplasmique du cil son apparence dense caractéristique.

Cet ensemble intracytoplasmique a environ 0,7 à 0,8 μ de long. Il correspond nettement à la granulation basale de la cytologie classique.

III. Nos préparations ne nous ont pas permis jusqu'ici de définir exactement la disposition de la pointe des tiges ciliaires ni celle de leur base intracytoplasmique, ni celle du mode de passage à travers la membrane cellulaire.

IV. Entre les cils, le corps cellulaire projette de fins et courts micro-pseudopodes (longueur 500 à 1500 Å, diamètre 400 Å), plus nombreux que les cils et d'une structure infiniment simple, avec une fine membrane d'environ 150 Å et un contenu clair. Des formations de ce genre avaient déjà été observées dans les cellules de la trachée (2) et rapportées à des fonctions d'absorption.

Discussion. — Ces faits observés sur les cellules bronchiolaires sont à rapprocher des observations faites dans une série de formations ciliaires très différentes (3). Dans tous ces cas, on note la présence, à la périphérie de chaque cil, d'un ensemble de sept à neuf filaments denses parallèles et, dans l'axe, de un ou deux filaments.

L'hypothèse suivante permet d'expliquer avec vraisemblance le fonctionnement de cet ensemble structural. Si ces filaments denses sont capables de contraction individuelle, on comprend facilement que le cil puisse se courber dans un sens, puis se relever et se courber ensuite dans la direction opposée. Cette hypothèse de contractions antagonistes dans l'intérieur d'un même cil avait jadis été plus ou moins nettement envisagée. Par la mise en évidence des filaments intraciliaires, le microscope électronique apporte à cette explication un appui morphologique important.

M. **Georges Guillain** fait hommage à l'Académie d'un volume dont il est l'auteur : *J.-M. Charcot,* 1825-1893. *Sa vie, son œuvre.*

M. **Élias Melin** adresse en hommage à l'Académie un fascicule intitulé : *Inbjudningar till doktors-promotionerna i Uppsala Universitets aula tisdagen den* 31 *maj* 1955. *Nyare undersökningar över skogsträdens mykorrhizasvampar och det fysiologiska växelspelet mellan dem och trädens rötter.*

CORRESPONDANCE.

MM. **Arthur Holmes** et **David Keilin**, élu Associés étrangers et M. **Gino Cassinis**, élu Correspondant pour les Sections des Académiciens libres et des applications de la science à l'industrie, adressent leurs remercîments à l'Académie.

(2) H. Engström, *Acta oto-laryng.*, 39, 1951, p. 364.

(3) M. A. Jakus et C. E. Hall, *Biol. Bull.*, 91, 1946, p. 141; L. H. Bretschneider et W. Itersson, *K. ned. Akad. v. Wetensch.*, 52, 1949, p. 526; J. T. Randall et M. H. G. Friedlander, *Exp. cell res.*, 1, 1950; J. Rhodin, *Exp. cell res.*, 1955 (sous presse); C. G. Hartford, A. Hamlin et E. Parker, *J. exp. med.*, 101, 1955, p. 577; D. W. Fawcett et K. R. Porter, *J. Morph.*, 94, 1954, p. 221.

M. **Godofredo Garcia**, Président de la « **Academia nacional de ciencias exactas, fisicas y naturales de Lima** », adresse l'expression des condoléances de cette Académie à l'occasion du décès de M. *Jean Chazy*.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Olof Beckman. *Relative intensities of the* X-*ray* K *lines of heavier elements.* (Thèse, Uppsala);

2° Birger Drake. *Chromatography combined with automatic recording of electrolytic conductivity.* (id.)

3° A. Gösta Ekspong. *Some properties of the soft component of cosmic radiation. Neutral Mesons. Bremsstrahlung.* (id.)

4° Stig O. Lundqvist. *A study of some properties of ionic crystals.* (id.)

5° Börje Norén. *Studies on myxobacteria, with special reference to growth conditions and bacteriolytic activity.* (id.)

6° Nils Quennerstedt. *Diatoméerna i långans sjövegetation.* (id.)

7° Carl-Henric de Verdier. *Studies on phosphoproteins.* (id.)

8° Conseil international des Unions scientifiques. *Année géophysique internationale. Bulletin d'information ° 5 du Comité spécial.*

9° International Union of pure and applied physics. *Position at 1 st november* 1954. *Report of the eight general Assembly* (1954).

10° Ministério da economia. Comissao reguladora do comércio de arroz (Lisboa). *Plantas vasculares infestantes dos arrozais,* por João de Carvalho e Vasconcellos.

11° Universidad nacional del Litoral (Rosario). *Revista de la Facultad de ciencias matematicas, fisico-quimicas y naturales aplicadas a la industria.*

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Extension de la notion de fonction récursive aux fonctions d'une ou plusieurs variables réelles.* III. Note de M. **Daniel Lacombe**, transmise par M. Arnaud Denjoy.

Suite de mes Notes du 27 juin et du 4 juillet 1955 (1). Principales propriétés et extensions diverses des notions précédemment définies. Rapport avec l'intuitionnisme.

23. On étendrait facilement les définitions et les résultats précédents au cas des $\mathfrak{R}^p$-fonctions, avec $p > 1$. Il suffirait d'utiliser des $\mathfrak{N}^p$-fonctions récursives et des opérateurs récursifs d'ordre supérieur à 1.

(1) D. Lacombe, *Comptes rendus*, 240, 1955, p. 2478; 241, 1955, p. 13.

THÉORÈME VI. — *Si f est une $\mathfrak{R}^m$-fonction récursive et si les m fonctions $g_1, \ldots, g_m$ sont des $\mathfrak{R}^p$-fonctions récursives, alors la $\mathfrak{R}^p$-fonction h définie par $h(x_1, \ldots, x_p) = f[g_1(x_1, \ldots, x_p), \ldots, g_m(x_1, \ldots, x_p)]$ est récursive.*

24. THÉORÈME VII. — *Tout polynome d'une variable dont les coefficient sont réels, récursifs et finis est une $\mathfrak{R}$-fonction récursive.*

THÉORÈME VIII. — *Les $\mathfrak{R}$-fonctions* $|x|$, $1/|x|$, e^x, $\operatorname{Log}|x|$, $\operatorname{Arc\,tg} x$ *et la $\mathfrak{R}^3$-fonction* $\mathbf{u}$ *sont récursives.*

25. THÉORÈME IX. — *Si f est une $\mathfrak{R}^p$-fonction récursive et si* L *et l sont respectivement la borne supérieure et la borne inférieure précises des valeurs prises par $f(x_1, \ldots, x_p)$, alors* L *et l appartiennent à $\mathfrak{R}^*$.*

THÉORÈME X. — *Soit f une $\mathfrak{R}$-fonction récursive, soient a et b deux éléments de $\mathfrak{R}^*$ et soit m un élément de $\mathfrak{R}^*$ compris entre $f(a)$ et $f(b)$. Il existe alors au moins un élément c de $\mathfrak{R}^*$ compris entre a et b tel que $f(c) = m$.*

26. On définirait facilement la notion de *suite récursive de $\mathfrak{R}^p$-fonctions récursives* (c'est-à-dire d' « *application récursive* » de $\mathfrak{N} \times \mathfrak{R}^p$ dans $\mathfrak{R}$).

THÉORÈME XI. — *Soient f_n et g_n deux suites récursives de $\mathfrak{R}$-fonctions récursives telles que :*

(*a*) *pour tout élément x de $\mathfrak{R}$ et tout entier naturel n, on ait*

$$f_n(x) \leqq f_{n+1}(x) \leqq g_{n+1}(x) \leqq g_n(x);$$

(*b*) *lorsque $n \to \infty$, $(f_n - g_n)$ tende uniformément vers zéro, c'est-à-dire qu'à tout entier naturel m on puisse associer un entier naturel p tel que*

$$n > p \to \textit{pour tout } x,\ [g_n(x) - f_n(x)] < \frac{1}{m}.$$

Dans ces conditions :

1° *Il existe une $\mathfrak{N}$-fonction récursive θ telle que l'hypothèse* (*b*) *soit satisfaite en prenant $p = \theta(m)$.*

2° *f_n et g_n convergent vers une $\mathfrak{R}$-fonction récursive (la convergence étant récursivement uniforme d'après le* 1°).

27. Soient $\langle a_1, \ldots, a_p \rangle$ et $\langle b_1, \ldots, b_p \rangle$ deux éléments de $\mathfrak{R}^p$ tels que, pour tout entier $i (1 \leqq i \leqq p)$, on ait $a_i < b_i$. Considérons le sous-ensemble $\mathcal{E}$ (pavé fermé) de $\mathfrak{R}^p$ défini par $\langle x_1, \ldots, x_p \rangle \in \mathcal{E} \rightleftharpoons$ *pour tout i, $a_i \leqq x_i \leqq b_i$.* A toute application f de $\mathcal{E}$ dans $\mathfrak{R}$ faisons correspondre la $\mathfrak{R}^p$-fonction g définie par $g(x_1, \ldots, x_p) = f[\mathbf{u}(a_1, b_1, x_1), \ldots, \mathbf{u}(a_p, b_p, x_p)]$. Nous dirons que f est *récursive* si tous les a_i et b_i appartiennent à $\mathfrak{R}^*$ et si g est une $\mathfrak{R}^p$-fonction récursive.

On obtiendrait facilement, sur les applications récursives de pavés fermés dans $\mathfrak{R}$, un certain nombre de théorèmes concernant d'une part les substitutions, restrictions et « réunions » de telles applications, et généralisant d'autre part les résultats précédemment obtenus.

28. THÉORÈME XII. — *Si f est une application récursive strictement croissante*

du segment $[a, b]$ *dans* $\mathfrak{R}$, *l'application inverse* f^{-1} *de* $[f(a), f(b)]$ *dans* $\mathfrak{R}$, *est aussi récursive.*

THÉORÈME XIII. — *Si a et b sont des éléments finis de* $\mathfrak{R}^*$ *et si f est une application récursive de* $[a, b]$ *dans* $\mathfrak{R}$ *ne prenant que des valeurs finies, alors l'application g de* $[a, b]$ *dans* $\mathfrak{R}$ *définie par* $g(x) = \int_a^x f(t)\, dt$ *est récursive.*

29. En modifiant légèrement les énoncés, on pourrait définir les applications récursives d'un intervalle ouvert de $\mathfrak{R}$ (par exemple $\mathfrak{R}$ privé des éléments $-\infty$ et $+\infty$), ou d'un pavé ouvert de $\mathfrak{R}^p$, dans $\mathfrak{R}$ ou dans un intervalle donné de $\mathfrak{R}$.

30. L'impossibilité, au point de vue intuitionniste, de décomposer un segment $[a, b]$ de $\mathfrak{R}$ en deux sous-ensembles disjoints non vides se traduit par le fait qu'une $\mathfrak{R}$-fonction récursive, étant forcément continue, ne peut pas prendre uniquement les valeurs 0 et 1. Mais on peut considérer, à certains points de vue, la notion de sous-ensemble de (ou de fonction caractéristique définie sur) $[a, b]$ comme un cas particulier de la notion de *mesure* ou d'*intégrale* (c'est-à-dire de fonctionnelle linéaire) sur $[a, b]$. Or on pourrait définir la notion d'*intégrale récursive*.

GÉOMÉTRIE. — *Sur une transformation des surfaces minima.*

Note de M. **PAUL VINCENSINI**, présentée par M. Paul Montel.

1. Une surface minima étant donnée, on sait, de diverses manières, en déduire une infinité d'autres surfaces minima. Dans un travail en cours, j'ai été incidemment conduit à un procédé géométrique de transformation des surfaces minima en surfaces minima, qui me semble nouveau, et que je me permettrai d'indiquer brièvement dans cette Note, réservant la démonstration pour une publication ultérieure.

2. $(\mathcal{M})$ étant une surface minima quelconque (réelle ou imaginaire), $\vec{N}$ sa normale unitaire au point courant M, et $\vec{V}$ un vecteur unitaire fixe quelconque de l'espace, la surface $(\mathcal{P})$ dont le point courant est défini par

$$(1) \qquad P = M + \left\{ \left(i \int \vec{N} . \overrightarrow{dM} - M \right) . \vec{V} \right\} \vec{V} \qquad (i^2 = -1)$$

est une surface *minima*.

$\vec{N} . \overrightarrow{dM}$ est, comme l'on sait, une différentielle vectorielle exacte $d\vec{A}$, définissant d'ailleurs la surface minima $(\mathcal{A})$ *adjointe* de $(\mathcal{M})$ [A étant l'homologue de M dans l'application de $(\mathcal{M})$ sur $(\mathcal{A})$].

La formule (1) livre, à partir de $(\mathcal{M})$, ∞^2 surfaces minima $(\mathcal{P})$ [chacune correspondant à un choix déterminé du vecteur $\vec{V}$], et la relation vectorielle qu'elle établit entre les points M et P traduit la construction géométrique suivante :

On passe de M *à* P *en soumettant le point* A, *homologue de* M *sur l'adjointe* ($\mathcal{A}$) *de* ($\mathcal{M}$), *à une homothétie de rapport i, et en projetant orthogonalement le point obtenu en* P *sur la parallèle menée par* M *au support du vecteur fixe* $\vec{V}$.

3. Pour un vecteur $\vec{V}$ donné, la relation entre les surfaces minima ($\mathcal{M}$) et ($\mathcal{X}$) est *réciproque :* la construction qui a donné ($\mathcal{X}$) à partir de ($\mathcal{M}$), donne ($\mathcal{M}$) si on l'applique à ($\mathcal{X}$).

Nous signalerons également les propriétés suivantes. Les lignes de courbure et les lignes asymptotiques de l'une des deux surfaces ($\mathcal{M}$) et ($\mathcal{X}$) correspondent, respectivement, aux lignes asymptotiques et aux lignes de courbure de l'autre surface, tout comme cela a lieu pour deux surfaces minima adjointes. Mais ici la correspondance entre ($\mathcal{M}$) et ($\mathcal{X}$), au lieu d'être une correspondance *par plans tangents parallèles* (comme c'est le cas pour les surfaces adjointes), est une *projection cylindrique* (la direction des projetantes étant celle du support de $\vec{V}$) des deux surfaces l'une sur l'autre.

Si, après avoir transformé cylindriquement ($\mathcal{M}$) en ($\mathcal{X}$) suivant la direction du support de $\vec{V}$, on transforme ($\mathcal{X}$) suivant la direction d'un nouveau vecteur $\vec{V'}$, on obtient une nouvelle surface minima ($\mathcal{X}'$) correspondant à ($\mathcal{M}$) avec correspondance *simultanée* des lignes de courbure et des lignes asymptotiques (correspondance conforme). Et, en continuant, on voit que l'on peut constituer des chaînes de surfaces minima telles que, dans chaque chaîne, toute surface est en correspondance ponctuelle cylindrique avec la précédente, les surfaces d'une même chaîne étant, de deux en deux, en correspondance *conforme*.

Les couples de surfaces minima en représentation conforme qui viennent d'être mis en évidence, sont à rapprocher de ceux fournis par deux surfaces minima quelconques en correspondance par plans tangents parallèles, ou encore des couples (de Thybaut) pouvant être disposés suivant les deux nappes focales d'une même congruence rectiligne.

GÉOMÉTRIE. — *Sur les calottes convexes tangentes tout le long de leur bord à une sphère.* Note (*) de Mme **Simone Gohier**, présentée par M. Joseph Pérès.

La rigidité infinitésimale et la rigidité globale (ou définition univoque par l'élément linéaire) d'une calotte convexe tangente tout le long de son bord à une sphère ont été prouvées ([1]) et ([2]) dans le cas où la calotte renferme dans son intérieur, où, à la limite, sur sa surface, le centre de la sphère. Lorsque

(*) Séance du 4 juillet 1955.

([1]) E. Rembs, *Comptes rendus*, 239, 1954, p. 852.

([2]) S. Gohier, *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 1859.

cette sphère devient un plan les deux rigidités existent aussi ([3]). Il est donc à prévoir que ces rigidités existent quelle que soit la position du centre de la sphère. Ici nous donnons une démonstration générale de la rigidité globale sans utiliser l'intégrale de Herglotz.

Soient deux surfaces isométriques S et $\overline{S}$ à bords connexes B et $\overline{B}$, et tangentes respectivement tout le long de ces bords à deux sphères σ et $\overline{\sigma}$. D'après cette définition B et $\overline{B}$ sont les homothétiques respectifs de leurs représentations sphériques b et $\overline{b}$. D'autre part, les courbures géodésiques sont les mêmes aux points correspondants des bords. Nous appliquons la formule de Gauss

$$\int_B \frac{d\sigma}{Rg} = 2\pi - \iint_S K\,dS$$

avec : $d\sigma$, élément linéaire de B ; Rg, rayon de courbure géodésique ; K, courbure de Gauss et dS, élément de surface de S (les mêmes notations barrées pour les éléments relatifs à $\overline{S}$).

Si ds est l'élément d'aire de l'image sphérique de S, on peut écrire

$$\int_B \frac{d\sigma}{Rg} = 2\pi - \iint_s ds.$$

En confrontant avec la même intégrale écrite pour $\overline{S}$, on trouve que :

$$\iint_s ds = \iint_s d\overline{s}$$

c'est-à-dire : les aires renfermées par b et $\overline{b}$ sur la sphère unité s sont égales. Si ρ et $\overline{\rho}$ sont respectivement les rayons de σ et $\overline{\sigma}$, B et b sont homothétiques dans le rapport ρ, $\overline{B}$ et $\overline{b}$ dans le rapport $\overline{\rho}$. Comme B et $\overline{B}$ ont même longueur, si nous supposons par exemple $\rho > \overline{\rho}$ on a

longueur de $b <$ longueur de $\overline{b}$

rayon de courbure géodésique de $b <$ rayon de courbure géodésique de $\overline{b}$ aux points correspondants, ce qui est incompatible avec l'égalité des aires renfermées par b et $\overline{b}$. Donc b et $\overline{b}$ ont même longueur et même rayon de courbure géodésique et par suite sont égales, B et $\overline{B}$ sont alors portés par des sphères de même rayon et sont égaux. De la congruence de B et $\overline{B}$ résulte la congruence des calottes S et $\overline{S}$, soit d'après K. P. Grotemeyer ([4]), soit d'après A. V. Pogorelov ([5]) en considérant la surface convexe fermée constituée par S et la portion de sphère limitée par B. On a donc le théorème :

([3]) E. Rembs, *Sitzungberichte Preuss Acad. Phys. Math.*, 1930, p. 123-133; *Math. Zeitschrift*, n° 56, 1952, p. 272.

([4]) *Math. Zeitschrift*, n° 54, 1953, p. 41-45.

([5]) *Publications de l'Académie des Sciences de la R. S. S. d'Ukraine*, Kiev 1952.

THÉORÈME. — *Si deux calottes convexes isométriques sont tangentes tout le long de leurs bords, respectivement à deux sphères, elles sont congruentes ou symétriques.*

MÉCANIQUE PHYSIQUE. — *Sur la loi de probabilité de la résistance d'une éprouvette idéalement plastique.* Note de M. **Marcel Davin**, présentée par M. Maurice Roy.

Nous avons été conduit (¹) à assimiler au comportement d'un certain modèle mécanique, celui d'une éprouvette $Ep(p, q)$ de matière idéalement plastique formée de pq éléments (disposés en q rangées et p colonnes) dont la résistance individuelle est une variable aléatoire.

Antérieurement (²) nous avions exposé la méthode de calcul de l'espérance mathématique de la résistance de l'éprouvette $Ep(p, 2)$ avec p grand. Les hypothèses adoptées équivalaient à l'assimilation au modèle mécanique.

La loi de probabilité de la résistance de $Ep(p, 2)$ est à la limite normale pour $p \to \infty$. Elle est la somme d'éléments (résistance utilisée par colonne) qui sont liés à des variables (les transmissions latérales) formant une chaîne de Markoff qui admet une distribution stationnaire. Mais le résultat est en défaut pour M infini : chaque rangée constitue alors une éprouvette $Ep(p, 1)$ dont la loi de résistance est normale, et la résistance de $Ep(p, 2)$ est la plus faible de celles de ces deux $Ep(p, 1)$. Sa fonction de répartition est $2F(x) - F^2(x)$, $F(x)$ étant la fonction de répartition d'une loi normale.

Nous allons résumer l'étude de l'autre cas extrême, où q est très grand, avec $p = 2$. Soient r_{1,j_1} (resp r_{2,j_2}) les résistances des éléments (« plots » dans le modèle) de rang f_1 (resp f_2) dans la colonne 1 (resp 2) et F_{1,j_1} (resp F_{2,j_2}) les forces effectivement supportées par ces plots. Les conditions auxquelles doivent satisfaire les $F_{i,j}$ ($i = 1$ ou 2) sont

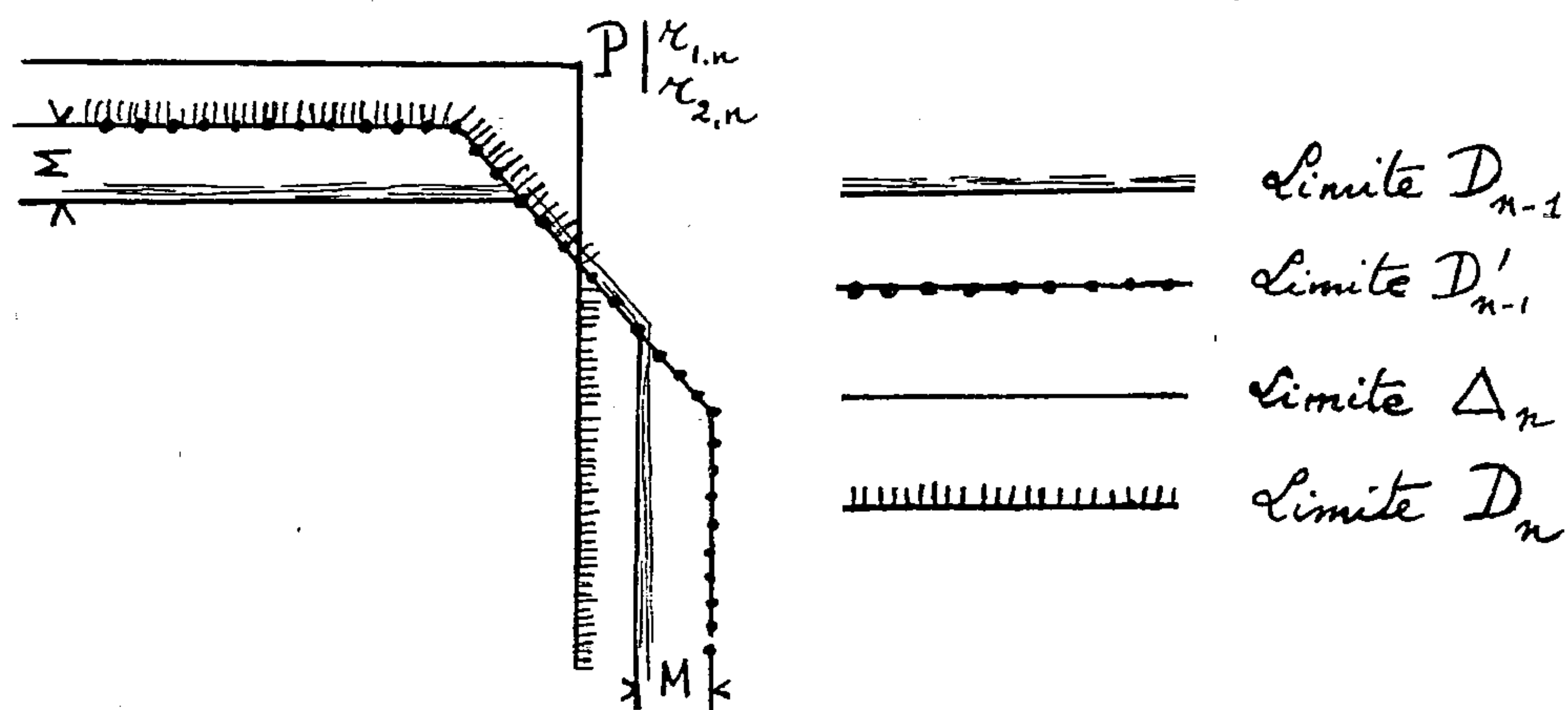
$$(1) \qquad F_{i,j_i} \leq r_{i,j_i}, \qquad F_{i,j_{i+1}} \leq F_{i,j_i} + M \qquad (F_{1,j} + F_{2,j} \text{ indépendant de } j)$$

(pour la 3ᵉ de ces conditions j est le même dans les deux colonnes).

Si j_1 et j_2 prennent toutes les valeurs entières de 1 à $n-1$ il résulte de l'ensemble des conditions (1) ainsi obtenues que le point figuratif de coordonnées $F_{1,n-1}$ $F_{2,n-1}$ est confiné dans un domaine D_{n-1} limité par un segment de droite à 45° porté par la droite $F_{1,n-1} + F_{2,n-1} = \overline{F}_{1.2,n-1}$ et par les deux demi-droites issues de ses extrémités, dans les sens négatifs, portées par les droites $F_{1,n-1} = \overline{F}_{1,n-1}$ et $F_{2,n-1} = \overline{F}_{2,n-1}$. Cela se démontre par récurrence, la figure montre comment on passe d'un domaine D_{n-1} au suivant D_n.

(¹) *Comptes rendus*, 239, 1954, p, 947.
(²) *Comptes rendus*, 237, 1953, p. 869.

Dans tous les cas de figure $\overline{F}_{1,n}$ (resp $\overline{F}_{2,n}$) est la plus petite des deux quantités $(\overline{F}_{1,n-1}+M)$ et $r_{1,n}$ [resp $\overline{F}_{2,n-1}+M$ et $r_{2,n}$] qui, considérées comme variables aléatoires, sont indépendantes, si tous les $r_{i,j}$ le sont.



La limite D'_{n-1} est obtenue à partir de D_{n-1} par prolongation du segment à 45° et par translation des deux demi-droites. D_n est le domaine commun à D'_{n-1} et à Δ_n déterminé par le point P de coordonnées $r_{1.n}r_{2.n}$.

Les $r_{i,j}$ étant supposés obéir tous à la même loi, et $\Phi(z)$ étant la fonction de répartition correspondante, soit $F_j(z)$ la fonction de répartition correspondant à la loi de $\overline{F}_{1.j}$ (ou $\overline{F}_{2,j}$), on a

$$1-F_n(z)=[1-\Phi(z)][1-F_{n-1}(z-M)],$$

soit par récurrence

$$1-F_n(z)=[1-\Phi(z)][1-\Phi(z-M)][1-\Phi(z-2M)]\ldots[1-\Phi(z-nM)]$$

$F_n(z)$ converge vers une limite dans les cas usuels à cause de la rapide conververgence vers zéro de $\Phi(z-nM)$ quand n augmente. La distribution de $\overline{F}_{1.n}$ tend à devenir stationnaire.

La résistance de l'éprouvette est égale à $\overline{F}_{1,2,q}$, minimum des q sommes $\overline{F}_{1.j}+\overline{F}_{2,j}$. Les $\overline{F}_{1,j}$ d'une part, et les $\overline{F}_{2,j}$ d'autre part, forment deux chaînes de Markoff indépendantes l'une de l'autre, stationnaires à la limite, et l'on peut montrer que $\overline{F}_{1,2q}$ suit une « loi de valeurs extrêmes ».

Le résultat est en défaut pour $M=0$. La résistance de Ep(2, q) est la somme de celles des deux Ep(1, q) formées par les colonnes, qui suivent chacune une même « loi de valeurs extrêmes ». Si par exemple cette loi est

$$F(x)=1-e^{-e^x} \qquad \text{(fonction de répartition)}$$

d'où

$$f(x)=e^{x-e^x} \qquad \text{(densité de probabilité)}$$

la loi de Ep(p, 2) est alors (densité de probabilité)

$$\varphi(s)=\int_{-\infty}^{+\infty} f(x)f(s-x)\,dx = 2e^s\int_1^{\infty}\frac{e^{-zt}\,dt}{\sqrt{t^2-1}} = \pi e^s \times \text{partie réelle de } Y_0(iz),$$

avec $z=2e^{s/2}$, $t=\mathrm{ch}(x-s/2)$, Y_0 fonction de Bessel de deuxième espèce d'ordre zéro.

La symétrie est frappante avec le cas $p\to\infty$, $q=2$, et avec sa singularité pour $M\to\infty$.

MÉCANIQUE PHYSIQUE. — *Déformation élastique d'une plaque circulaire.* Note de M. **Jacques Rabinovitch** et Mlle **Aline Combettes**, transmise par M. Jean Cabannes.

En utilisant un procédé interférentiel ([1]), on suit le déplacement d du centre O de la face supérieure d'un disque formant le couvercle d'un cylindre creux où règne une pression p_i inférieure à la pression atmosphérique externe p_e. Quand on fait varier progressivement, à partir de O, la différence de pression $p=p_e-p_i$, le déplacement $d(p)$ suit une loi différente selon que le disque est simplement posé sur la gorge polie du cylindre ou qu'il est encastré.

1. Dans le premier cas, la courbe $d(p)$ devient pratiquement rectiligne à partir d'une pression p_0 et la flèche $f_1(p)$ au centre de la face supérieure du disque s'obtient en menant par l'origine des coordonnées la parallèle à la partie rectiligne de $d(p)$.

L'écart ε, pour une même valeur de p, entre les courbes $d(p)$ et $f_1(p)$, résulte d'un affaissement de quelques microns de la surface de référence par suite, soit d'un écrasement du bord tranchant du cylindre par le disque, soit au contraire d'une pénétration de ce bord tranchant dans le disque. Il est inutile dans chaque cas d'identifier la nature même de l'effet du bord; il suffit de vérifier que l'affaissement correspond à une déformation temporaire élastique. De la courbe expérimentale $d(p)$ on déduit alors la valeur limite de ε et la droite représentant la fonction linéaire $f_1(p)$.

L'application au calcul du module d'Young E du matériau constituant le disque se fait aisément, connaissant son coefficient de Poisson σ, l'épaisseur e du disque et le rayon intérieur du cylindre, à partir de l'expression

$$f_1=\frac{3}{16}(1-\sigma)(5+\sigma)\frac{R^4}{e^3}\frac{p}{E}.$$

2. Pour un disque parfaitement encastré, l'effet de bord n'intervient pas quand on fait varier la pression, l'affaissement de la surface de référence s'étant

([1]) J. Rabinovitch et J. Marcatand, *Revue d'Optique*, 34, 1955, p. 103.

déjà produit au moment du serrage; le déplacement d du centre O de la face supérieure de ce disque donne donc directement la valeur de la flèche $f_2(p)$. La loi linéaire :

$$f_2 = \frac{3}{16}(1-\sigma^2)\frac{R^4}{e^3}\frac{p}{E}$$

permet également de déterminer le module E connaissant σ. Quand des déterminations simultanées de f_1 et f_2 sont possibles, le coefficient σ lui-même peut se déduire du rapport $K = f_1/f_2$; on a en effet

$$\sigma = \frac{5-K}{K-1}.$$

3. Certaines plaques ne peuvent subir sans dommage le serrage énergique nécessaire pour un bon encastrement; on est alors amené à consolider l'encastrement en enrobant les bords du disque d'un liant aussi rigide que possible après séchage. Un manque de rigidité de la fixation du disque se traduit par un déplacement au centre f'_2 qui ne représente plus la flèche réelle. A une même pression p on a $f'_2 > f_2$ et par conséquent un rapport $K' = f_1/f'_2$ inférieur au rapport $K = f_1/f_2$ correspondant à l'encastrement parfait. Le défaut d'encastrement apparaît nettement lorsque K′ est inférieur à toute valeur possible de K, c'est-à-dire lorsque $K' < 3,7$ (²).

MÉCANIQUE PHYSIQUE. — *Calcul de la fréquence d'oscillation d'un quartz entretenu par transistor.* Note de M. **Georges Briffod**, transmise par M. Jean Cabannes.

J'ai étudié dans une Note précédente (¹) l'influence du système d'entretien sur la fréquence d'oscillation d'un quartz entretenu par transistor. Ce calcul a été repris pour être appliqué au cas général où l'on désire connaître en même temps :

l'influence du système d'entretien sur la fréquence;

la possibilité de faire varier cette fréquence pour l'ajuster sur une fréquence de référence déterminée.

Les équations ci-dessous ont été établies dans les conditions les plus générales où l'on modifie les caractéristiques du quartz en plaçant des capacités en série et en parallèle à ses bornes.

On appellera C_4 la capacité série et C_p la capacité parallèle aux bornes de

(²) En remarquant que le coefficient de Poisson σ est toujours compris entre 0 et 0,5, on voit que le rapport K a pour valeurs extrêmes 5 et 3,7. Les valeurs de K′ supérieures à 5 ne peuvent résulter que de mesures ou de calculs erronés.

(¹) *Comptes rendus*, **240**, 1955, p. 841.

l'ensemble quartz capacité série. C_p peut être constituée uniquement par la capacité inter-électrodes du transistor.

L'impédance du système quartz capacité se met sous la forme

$$\frac{1}{z} = j\left[\frac{C_0 C_4}{C_0 + C_4} + C_p\right]\omega + \left[\frac{C_4}{C_0 + C_4}\right]^2 \frac{1}{r_1 + j\left(L_1\omega - \frac{1}{C_1\omega} - \frac{1}{(C_0 + C_4)\omega}\right)}. \tag{7}$$

Portons cette expression dans la condition d'oscillation $G = 1$; on obtient :

1° *Cas où la résistance est négligeable devant la réactance.*

$$r_1 \leqslant L_1\omega - \frac{1}{C_1\omega} - \frac{1}{(C_0 + C_4)\omega} \qquad \text{(quartz de très bonne qualité)}$$

a. Circuit oscillant accordé très près de la fréquence d'oscillation.

$$\Omega^2 = \frac{1}{L_1}\left[\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_0 + C_4} + \frac{1}{G_0}\right];$$

$$G_0 = \left|\frac{C_4 + C_0}{C_4}\right|^2 \left[C_p + \frac{C_0 C_4}{C_0 + C_4} + C_E \frac{z_{11}}{z_{11} + z_{22} - z_{12} - z_{21}}\right]. \tag{8}$$

b. Circuit oscillant accordé sur ω_0 voisin de ω fréquence d'oscillation.

$$\Omega^2 = \frac{1}{L_1}\left[\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_0 + C_4} + \frac{1}{G_1}\right],$$

avec

$$G_1 = G_0 - C_2\left|\frac{C_0 + C_4}{C_4}\right|^2 \frac{z_{11} - z_{21} - z_{12}}{z_{11} + z_{22} - z_{21} - z_{12}}\left(1 - \frac{1}{L_2 C_2 \omega_0^2}\right).$$

II. *Cas où la résistance n'est pas négligeable devant la réactance.*

a. Circuit oscillant accordé très près de la fréquence d'oscillation.

$$\Omega^2 = \frac{1}{L_1}\left[\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_0 + C_4} + \frac{1}{G_2}\right] \qquad \text{avec} \quad \frac{1}{G_2} = \frac{1}{G_0}(1 - AB)$$

ou

$$A = \left|\frac{C_0 + C_4}{C_4}\right|^2 \frac{r}{z_{11} + z_{22} - z_{12} - z_{21}},$$

$$B = 1 - \left(\frac{C_0 C_4}{C_0 + C_4} + C_p\right)(z_{11} z_{22} - z_{12} z_{21}) C_E \omega_0^2.$$

b. Circuit oscillant accordé sur ω_0 voisin de ω fréquence d'oscillation.

$$\Omega^2 = \frac{1}{L_1}\left[\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_0 + C_4} + \frac{1}{G_3}\right] \qquad \text{avec} \quad \frac{1}{G_3} = \frac{1}{G_1}(1 - AD),$$

où

$$D = 1 - \left(C_2\omega_0 - \frac{1}{L_2\omega_0}\right)^2 - \left(\frac{C_0 C_4}{C_0 + C_4} + C_p\right)(z_{11} z_{22} - z_{21} z_{12})\,\omega_0^2\left[C_E - C_2\left(1 - \frac{1}{L_2 C_2 \omega_0}\right)\right].$$

On retrouvera les formules établies dans la Note précédente en faisant dans ces quatre cas $C_p = 0$ et $C_4 = \infty$.

Le tableau ci-dessous donne les variations de fréquence pour différentes valeurs de C_4 suivant les valeurs données à la capacité C_2 du circuit oscillant dans le montage réalisé. On pourra les comparer aux valeurs indiquées dans la Note précédente qui se rapportaient au même oscillateur.

C_4 (pF). →	30.	37.	54.	62.	70.	75.	C_2 (pF).
Variation de marche par 24 h (s) ↓	+0,28	+0,35	+0,44	+0,58	+0,96	+1,52	513
	−0,1	+0,02	+0,15	+0,34	+0,67	+1,29	576
	−0,4	−0,27	−0,13	+0,08	+0,45	+1,14	758
	−0,6	−0,46	−0,32	−0,1	+0,28	+0,96	1296

MÉCANIQUE PHYSIQUE. — *Glissement facile dans les monocristaux.* Note de M. **Bernard Jaoul**, transmise par M. Pierre Chevenard.

Les courbes de déformation plastique des monocristaux se composent de deux parties : le glissement facile où la concavité est tournée vers le haut et la loi de consolidation parabolique. La forme de la première partie, fixée par la géométrie de la déformation, est fonction des obstacles formés aux intersections des glissements et peut être représentée par une loi logarithmique.

L'allure du glissement facile étant liée uniquement à l'importance du second système de glissement (1), on peut supposer que la *consolidation est liée aux intersections des glissements* (2). La rencontre de deux dislocations-coin forme une dislocation sessile (3) qui serait la source de l'écrouissage; *d'après Friedel* (4), *la consolidation serait plutôt liée à la diminution de l'aire des boucles de dislocations par formation de barrières de A. H. Cottrell* (5) *aux intersections des glissements.*

Suivant cette hypothèse, supposons que pour une augmentation de cisaillement $d\tau$ on ait, à l'origine, un glissement $d\gamma_0$ tels que $d\tau/d\gamma_0 = \tau'_0$, lié à l'aire des boucles pouvant se développer. Après un glissement γ, l'augmentation $d\gamma$ due à la formation d'une boucle sera plus faible par suite de la présence de barrières dont le nombre sera proportionnel à γ, puisque les importances relatives des deux systèmes de glissement restent les mêmes (6). On aura donc

$$d\gamma = d\gamma_0(1-\alpha\gamma) = \frac{d\tau}{\tau'_0}(1-\alpha\gamma),$$

d'où l'équation de la courbe du glissement facile

$$\tau - \tau_0 = -\frac{\tau'_0}{\alpha}\,\mathrm{L}_n(1-\alpha\gamma).$$

(1) Celui-ci pouvant être formé de glissements secondaires ou de microglissements invisibles au microscope optique.

(2) F. D. Rosi, *J. M.*, 6-9, 1954, p. 1009.

(3) N. F. Mott, *Phil. Mag.*, 43, 1954, p. 1151.

(4) J. Friedel, *Les Dislocations dans les Métaux*, Gauthier-Villars, 1955 (à paraître).

(5) *Theoretical Structural Metallurgy*, E. Arnold, London, 1948.

(6) B. Jaoul et P. Lacombe, *Comptes rendus*, 240, 1955, p. 2411.

Nous avons vu (7) que les tensions à la limite élastique et au point d'inflexion restent constantes pour un même alliage et l'on peut écrire $\tau_i - \tau_0 = C$. D'autre part, on constate sur les courbes que les pentes au point d'inflexion et à l'origine sont toujours dans le même rapport et sur toutes nos courbes, nous avons trouvé (8)

$$\frac{\tau'_i}{\tau'_0} = 2 \pm 0,15.$$

Dans ces conditions, l'équation du glissement facile peut s'écrire

$$\tau - \tau_0 = -\frac{C}{L_n 2} L_n\left(1 - \frac{\gamma}{2\gamma_i}\right),$$

relation qui s'applique très bien aux courbes réelles jusqu'au point d'inflexion (*fig.* 2) (9). γ_i varie avec l'orientation, C et γ_i (ainsi que les vitesses de consolidation $d\tau/d\gamma$) varient avec la pureté (7).

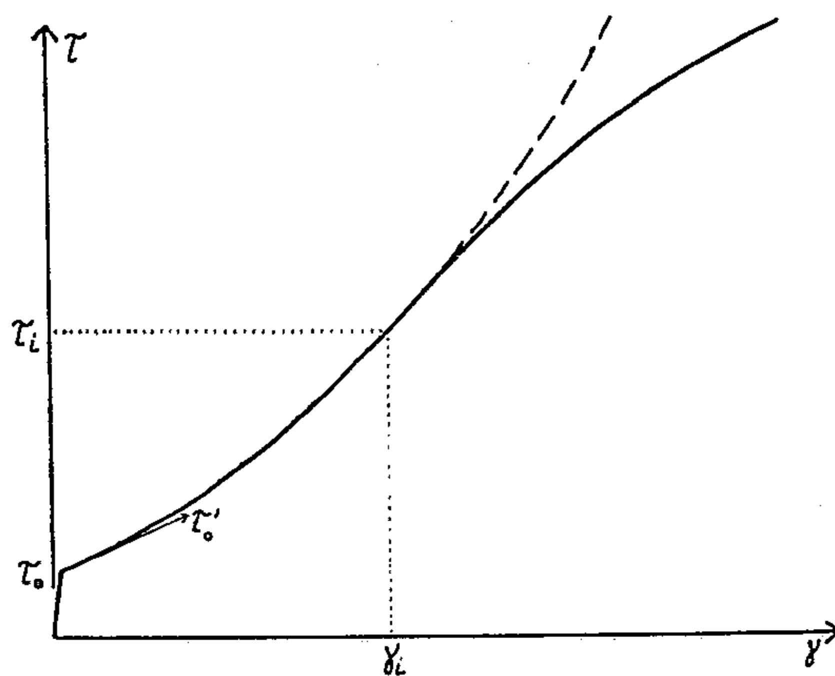


Fig. 1.

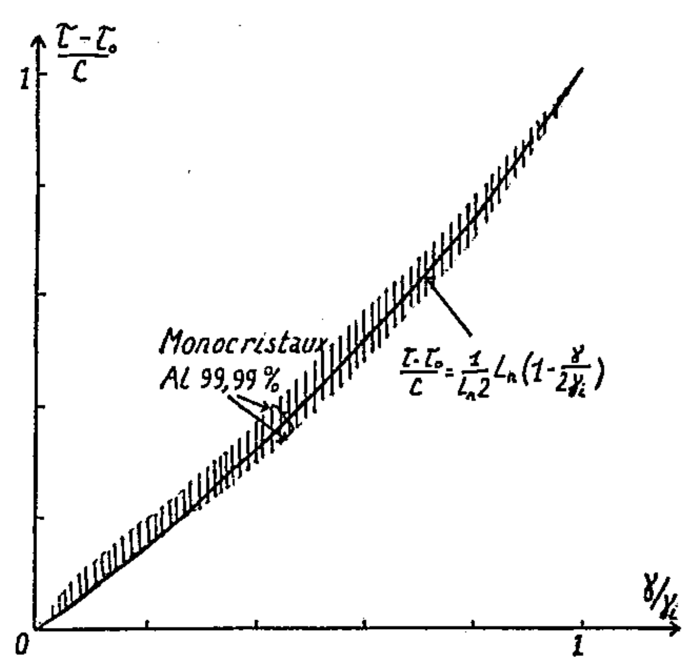


Fig. 2.

Fig. 1. — Forme de la courbe de consolidation d'un monocristal.

Fig. 2. — Comparaison de la relation logarithmique aux courbes de consolidation expérimentales.

Mais à partir du glissement $\gamma = \gamma_i$, la courbe de consolidation réelle quitte la courbe logarithmique (*fig.* 1) et la vitesse de consolidation diminue. Les dislocations bloquées sur les barrières formées aux intersections de glissements peuvent donc être arrachées sous la tension de cisaillement τ_i. Cette tension critique est faible dans l'aluminium; elle est beaucoup plus forte dans l'argent ou le cuivre (Schöck et Seeger ont d'ailleurs montré que les barrières de Cottrell bloquent plus fermement les dislocations dans ces derniers métaux (10). Pour les alliages d'aluminium, τ_i croît avec la teneur en impuretés, mais celles-

(7) B. JAOUL, *Comptes rendus*, 240, 1955, p. 2532.

(8) Dans le cas où la courbe est arrondie après la limite élastique, nous avons pris pour τ'_0 une valeur extrapolée.

(9) Il y a cependant une anomalie à l'origine : les courbes présentent toutes un petit renflement après la limite élastique.

(10) A. SEEGER et G. SCHOCK, *Act. Met.*, 1-5, 1953, p. 54.

ci ne jouent pas toutes le même rôle : par exemple, le cuivre entraîne un blocage des barrières plus énergique que le zinc.

Enfin il est à remarquer que cet arrachement ne fait pas intervenir de phénomène de diffusion; nous avons fait varier la vitesse de traction de cristaux d'Al-Cu à 0,4 % de 0,005 à 50 % par minute sans constater aucune variation de τ_i.

Après le point d'inflexion, la forme de la courbe de traction du monocristal est la même que celle du polycristal après le point de transition ([11]), c'est-à-dire une loi parabolique à faible exposant.

En conclusion la consolidation au cours de la déformation plastique d'un cristal est, au début, due aux blocages contre les barrières créées par les intersections des glissements. Le nombre des barrières augmentant avec la déformation, la courbe d'écrouissage a sa concavité tournée vers le haut. Ce mécanisme de consolidation se poursuit jusqu'à une valeur définie du cisaillement pour laquelle il apparaît, comme dans les polycristaux après le point de transition, un arrachement des dislocations bloquées ce qui entraîne une diminution de la vitesse d'écrouissage.

ASTROPHYSIQUE. — *Instabilité d'une masse fluide étendue.* Note (*) de Mlle **Nicole Bel**, présentée par M. André Danjon.

On étudie les conditions d'instabilité gravitationnelle d'une perturbation sinusoïdale plane dans un milieu indéfini, de densité et de pression uniformes, en rotation non uniforme.

Les hypothèses étant les mêmes que précédemment ([1]) et w désignant maintenant la composante de la vitesse relative de la perturbation suivant l'axe de rotation du milieu, on pose

$$\delta\rho = a\, e^{i(\alpha x+\beta y+\gamma z+\sigma t)},$$
$$u = A\, e^{i(\alpha x+\beta y+\gamma z+\sigma t)},\qquad v = B\, e^{i(\alpha x+\beta y+\gamma z+\sigma t)},\qquad w = C\, e^{i(\alpha x+\beta y+\gamma z+\sigma t)}.$$

On notera encore que la perturbation, en général, n'est pas irrotationnelle. Les équations de la perturbation s'écrivent, après linéarisation :

$$(1)\quad \begin{cases} i\rho_0\sigma A - 2\omega_0\rho_0 B + i a\alpha\left(\dfrac{RT}{\mu} - \dfrac{4\pi G\rho_0}{\alpha^2+\beta^2+\gamma^2}\right) = 0,\\ \rho_0(2\omega_0 + r_0\omega'_0)A + i\rho_0\sigma B + i a\beta\left(\dfrac{RT}{\mu} - \dfrac{4\pi G\rho_0}{\alpha^2+\beta^2+\gamma^2}\right) = 0,\\ i\rho_0\sigma C + i a\gamma\left(\dfrac{RT}{\mu} - \dfrac{4\pi G\rho_0}{\alpha^2+\beta^2+\gamma^2}\right) = 0,\\ \rho_0\alpha A + \rho_0\beta B + \rho_0\gamma C + a\sigma = 0. \end{cases}$$

([11]) C. Crussard et B. Jaoul, *Rev. Met.*, 47-8, 1950, p. 589.

(*) Séance du 27 juin 1955.

([1]) E. Schatzman et N. Bel, *Comptes rendus*, 241, 1955, p. 20.

La condition de compatibilité est

$$-\sigma^4+\sigma^2\left[(\alpha^2+\beta^2+\gamma^2)\left(\frac{\mathrm{RT}}{\mu}-\frac{4\pi \mathrm{G}\rho_0}{\alpha^2+\beta^2+\gamma^2}\right)+4\omega_0^2+2r_0\omega_0\omega'_0\right]$$
$$+i\alpha\beta r_0\omega'_0\left(\frac{\mathrm{RT}}{\mu}-\frac{4\pi \mathrm{G}\rho_0}{\alpha^2+\beta^2+\gamma^2}\right)\sigma-\gamma^2\left(\frac{\mathrm{RT}}{\mu}-\frac{4\pi \mathrm{G}\rho_0}{\alpha^2+\beta^2+\gamma^2}\right)(4\omega_0^2+2r_0\omega_0\omega'_0)=0. \quad (2)$$

Les solutions de (2) à partie imaginaire négative correspondent à l'instabilité.

Cas particulier : $\omega'_0=0$. — *a*. $\pi G\rho_0 \leqq \omega_0^2$; toute perturbation est stable si $\gamma=0$; si $\gamma \neq 0$ les perturbations stables correspondent à $\alpha^2+\beta^2+\gamma^2 \geqq 4\pi G\rho_0\mu/\mathrm{RT}$.

b. $\pi G\rho_0 > \omega_0^2$; les perturbations sont stables si $\alpha^2+\beta^2 \geqq 4\mu(\pi G\rho_0-\omega_0^2)/\mathrm{RT}$ et $\gamma=0$ et si $\alpha^2+\beta^2+\gamma^2 \geqq 4\pi G\rho_0\mu/\mathrm{RT}$ et $\gamma \neq 0$.

Cas général : $\omega'_0 \neq 0$. — Les perturbations dont le plan est perpendiculaire à l'axe de rotation sont instables quel que soit γ si $4\pi G\rho_0 < 4\pi G\rho_0-4\omega_0^2-2r\omega_0\omega'_0$.

Si $4\pi G\rho_0 > 4\pi G\rho_0-4\omega_0^2-2r_0\omega_0\omega'_0$ les perturbations stables correspondent à $\mathrm{RT}\gamma^2/\mu > 4\pi G\rho_0$.

Toutes les perturbations telles que α et β soient différents de zéro semblent instables.

ASTROPHYSIQUE. — *Changements observés dans le spectre de BF* Cygni *en* 1955. Note de M. **Tcheng Mao-Lin** et Mlle **Marie Bloch**, présentée par M. André Danjon.

Des observations récentes de BF *Cygni* font apparaître un changement important dans le spectre de cette étoile.

1. BF *Cygni* appartient au groupe d'étoiles à spectre composite où des raies d'émission, correspondant souvent à de hautes excitations, se superposent à un spectre d'absorption d'étoile froide. Elle a été étudiée avec continuité de 1940 à 1943 par P. W. Merrill (1), puis de 1948 à 1951 par L. H. Aller (2). Nous l'avons observée en octobre 1952 à l'Observatoire de Haute-Provence (3). Nos clichés ont été pris au spectrographe à un prisme de flint monté sur le télescope newtonien de 120 cm d'ouverture.

Les émissions correspondaient à une douzaine d'éléments à divers degrés d'ionisation. Les plus importants étaient H, He I, Fe II et [Fe II], [Fe III], [O III], [Ne III], He II et N III. On trouvait encore des raies

(1) *Astrophys. J.*, **98**, 1943, p. 473.

(2) *Publications Dominion Astrophysical Observatory*, *Victoria*, **9**, 1954, p. 321.

(3) *Ann. Astrophys.*, **17**, 1954, p. 6.

faibles de [S II], Si II, Si III, Si IV, Mg II et Ca II. Le spectre d'absorption était du type gM 4.

Toutes les raies brillantes ont été soumises à des fluctuations complexes d'intensité. Ces variations ont été particulièrement importantes et rapides pour les raies nébulaires, [O III] et [Ne III], qui étaient souvent très intenses et quelquefois absentes. C'est ce dernier cas qui s'est présenté en 1948 et 1949, alors qu'elles sont devenues très fortes en 1951 et 1952. Les raies de [Fe III] étaient plus nombreuses et plus intenses que dans aucun autre spectre stellaire, principalement pour le multiplet $^5D - ^3F$.

2. Nous avons de nouveau observé BF *Cygni*, du 30 mai au 5 juin 1955, et obtenu cinq spectrogrammes.

On constate alors l'absence totale de la plupart des éléments qui ont contribué jusqu'ici au spectre d'émission. Les raies de [O III] ne sont plus visibles. Le fait le plus frappant est la disparition complète de [Fe III] qui a toujours auparavant caractérisé très particulièrement ce spectre. On peut signaler qu'en 1951 et 1952 [Fe III] a été moins intense que d'habitude; à ce moment-là, les raies de [O III] étaient très brillantes. L'absence simultanée de ces deux éléments est observée pour la première fois, et l'aspect du spectre en est nettement modifié. On ne trouve plus, non plus, trace de [Ne III], ni de la raie 4 686 Å de He II, ni de 4 641 Å de N III; cette dernière raie avait toujours figuré sur les listes de mesures antérieures.

Par contre, le spectre du fer ionisé est fortement développé, aussi bien dans ses transitions permises qu'interdites. En fait, on n'observe plus, en dehors des raies de Balmer et de Fe II, que quelques raies assez faibles de He I, 4 026, 4 471, 4 713, 5 876 Å, la plupart des autres étant masquées par des raies du fer, et le doublet 4 068-4 076 Å de [S II].

Le spectre d'absorption de type M est très faible. Le doublet de Ca II, 3 933-3 968 Å et celui de Na I, 5 890-5 896 Å, non résolu, constituent les absorptions les plus importantes.

Ainsi, toutes les raies spectrales correspondent à de très faibles excitations. Le plus haut potentiel d'ionisation représenté est celui de He I, 24,48 eV, alors que dans les années précédentes il était de 63,3 eV avec [Ne III].

Cette disparition des raies nébulaires et de [Fe III] semble indiquer, soit un effondrement de l'enveloppe, simple ou multiple, où elles prenaient naissance, soit une variation considérable de la source excitatrice responsable de ces émissions. Il serait certainement utile de poursuivre les observations afin d'accumuler les données qui pourront servir de base à la résolution de cet important problème.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Théorie classique des champs.*
Note (*) de M. **René Chenon**, présentée par M. Louis de Broglie.

Il est possible de définir le crochet de Poisson de deux « intégrales premières » d'une façon covariante-relativiste, sans utiliser un formalisme canonique. Dans le cas particulier des équations d'ondes complexes on peut définir également des anti-crochets symétriques.

A. Soit $\mathcal{L}(x, \varphi^i(x), \varphi^i_\alpha(x), \varphi^i_{\alpha\beta}(x), \ldots)$ une densité lagrangienne fonction du point d'univers $x(=x_\alpha, \alpha=1, 2, 3, 4)$, des composantes du champ φ^i et de leurs dérivées $\varphi^i_\alpha = \partial\varphi^i/\partial x^\alpha$, ... jusqu'à un certain ordre.

On supposera que les équations eulériennes correspondantes

$$(1)\qquad E^i = 0,$$

ont une solution déterminée par la donnée de conditions initiales convenables sur une surface σ_0 de genre espace.

Soit

$$(2)\qquad \mathcal{X} = \int_\sigma \mathcal{X}^\alpha\, d_\alpha\sigma,$$

où σ est une surface de genre espace et $\mathcal{X}^\alpha$ des fonctions de x, φ^i et leurs dérivées. On dira que $\mathcal{X}$ est une *intégrale première* de (1) si $\mathcal{X}$ est indépendant de σ pour les solutions de ces équations. En modifiant au besoin $\mathcal{X}^\alpha$ on peut supposer qu'il existe alors une *identité* en φ :

$$(3)\qquad \frac{\delta\mathcal{X}}{\delta\sigma(x)} \equiv \partial_\alpha \mathcal{X}^\alpha \equiv X^i E^i.$$

Soit $\mathcal{Y} = \int_\sigma \mathcal{Y}^\alpha d_\alpha\sigma$ une autre intégrale première; on peut montrer que le crochet de Poisson de $\mathcal{X}$ et $\mathcal{Y}$ est défini par

$$(4)\qquad (\mathcal{X}, \mathcal{Y}) = \underset{X}{\delta}\mathcal{Y} = -\underset{Y}{\delta}\mathcal{X},$$

où

$$(5)\qquad \underset{X}{\delta} \equiv X^i \frac{\partial}{\partial\varphi^i} + X^i_\alpha \frac{\partial}{\partial\varphi^i_\alpha} + \ldots.$$

Exemples. — 1. Si $\mathcal{L}$ est indépendant de x_μ, il existe une intégrale première P_μ telle que $\delta P_\mu/\delta\sigma(x) \equiv \varphi^i_\mu . E^i$, on a

$$(6)\qquad (\mathcal{X}, P_\mu) = \int \frac{\partial}{\partial x_\mu} \mathcal{X}^\alpha d_\alpha\sigma,$$

la dérivée étant prise par rapport à la variable apparente x_μ. En particulier,

(*) Séance du 14 mars 1955.

comme cette variable ne figure pas dans P_ν :

$$(P_\mu, P_\nu) = 0, \tag{7}$$

2. Si $\mathcal{L} = (1/2)(\varphi^2 + \varphi_\alpha . \varphi_\alpha)$ on a des intégrales premières du type :

$$(\varphi)_f = \int_\sigma f[\partial_\alpha]\, \varphi\, d_\alpha \sigma$$

où f est une solution de $E = \Box\varphi - \varphi = 0$ et $[\partial_\alpha] = \overleftarrow{\partial_\alpha} - \overrightarrow{\partial_\alpha}$ on a immédiatement le crochet de deux telles intégrales :

$$((\varphi)_f, (\varphi)_g) = \int_\sigma f[\partial_\alpha] g\, d_\alpha \sigma.$$

B. Si le lagrangien est bilinéaire par rapport à φ^i et $\bar{\varphi}^i$, les coefficients de E_i et $\bar{E}^i$ dans (3) étant X^i et $\bar{X}^i$, et si l'on définit au lieu de (5) :

$$\underset{X}{\delta'} \equiv X^i \frac{\partial}{\partial \varphi_i} + X^i_\alpha \frac{\partial}{\partial \varphi^i_\alpha} + \ldots - \bar{X}^i \frac{\partial}{\partial \bar{\varphi}^i} - \bar{X}^i_\alpha \frac{\partial}{\partial \bar{\varphi}^i_\alpha} \cdots \tag{8}$$

alors

$$(\mathfrak{X}, \mathfrak{Y})_+ = \underset{X}{\delta'} \mathfrak{Y} = \underset{Y}{\delta'} \mathfrak{X} \tag{9}$$

est une intégrale première symétrique en $\mathfrak{X}$, $\mathfrak{Y}$.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur une théorie unitaire à cinq dimensions.* I. *Lagrangien.* Note (*) de M[me] **Cécile Morette DeWitt** et M. **Bryce S. DeWitt**, présentée par M. Louis de Broglie.

L'examen des résultats expérimentaux n'ayant pas encore suggéré un schéma cohérent pour la classification des particules élémentaires, il nous a semblé intéressant d'étudier les propriétés d'une théorie unitaire à cinq dimensions dans laquelle un spectre de masses de particules élémentaires est obtenu en imposant une condition cylindrique à la cinquième dimension. Dans un travail préliminaire, nous avons étudié les propriétés dynamiques du tenseur métrique fondamental G_{AB} de cet espace. L'étude de l'introduction du champ spinoriel est en cours et sera publiée ultérieurement.

Nous avons choisi le tenseur métrique suivant, par raison de simplicité pour assurer à la cinquième dimension le caractère d'espace et en vue du Lagrangien auquel il conduit :

$$G_{AB} = \begin{pmatrix} e^{\varphi} g_{\mu\nu} + e^{2\varphi} A_\mu A_\nu & e^{2\varphi} A_\mu \\ e^{2\varphi} A_\nu & e^{2\varphi} \end{pmatrix}. \tag{1}$$

Les indices en capitales romaines varient de 1 à 5, les indices grecs de 1 à 4.

(*) Séance du 27 juin 1955.

Les $g_{\mu\nu}$, A_μ, et φ sont fonction de $x = x_1, x_2, x_3, x_4, x_5$. Les $g_{\mu\nu}$ sont l'analogue des $g_{\mu\nu}(x = x_1, x_2, x_3, x_4)$ du tenseur métrique fondamental de l'espace à 4 dimensions. Les A_μ sont l'analogue des potentiels électromagnétiques. φ est un scalaire dont les effets se combinent avec ceux des $g_{\mu\nu}$.

La cinquième dimension, étant inobservable en tant que telle, est caractérisée par x_5 tel que $x_5 + n\lambda$ représente le même point que x_5, n étant un entier arbitraire. Les seules constantes introduites dans ce formalisme sont donc : la constante de gravitation, la vitesse de la lumière, la constante de Planck et λ.

L'action s'exprime de la façon suivante :

$$\text{(2)} \qquad I_D = \frac{1}{c\lambda\beta} \int \mathcal{L}_D \, dx_1 \, dx_2 \, dx_3 \, dx_4 \, dx_5,$$

où

$$\beta = 16 G c^{-4} \qquad \text{(où G est la constante de gravitation).}$$

$$\mathcal{L}_D = -G^{\frac{1}{2}} G^{MN} \left(\left\{ {A \atop AB} \right\} \left\{ {B \atop MN} \right\} - \left\{ {A \atop MB} \right\} \left\{ {B \atop NA} \right\} \right),$$

A l'approximation linéaire $\mathcal{L}_D$ s'écrit

$$\text{(3)} \qquad \mathcal{L}_D = -\frac{1}{4} G_{AB,C} G_{AB,C} + \frac{1}{2} G_{AB,C} G_{AC,B} - \frac{1}{2} G_{AB,A} G_{CC,B} + \frac{1}{4} G_{AA,B} G_{CC,B}.$$

Soit en termes des $g_{\mu\nu}$, A_μ et φ :

$$\text{(4)} \qquad \begin{aligned} \mathcal{L}_D = & -\frac{1}{4} g_{\alpha\beta,\gamma} g_{\alpha\beta,\gamma} + \frac{1}{2} g_{\alpha\beta,\gamma} g_{\alpha\gamma,\beta} - \frac{1}{2} g_{\alpha\beta,\alpha} g_{\gamma\gamma,\beta} + \frac{1}{2} g_{\alpha\alpha,\beta} g_{\gamma\gamma,\beta} \\ & -\frac{1}{4} g_{\alpha\beta,5} g_{\alpha\beta,5} + \frac{1}{4} g_{\alpha\alpha,5} g_{\beta\beta,5} - \frac{1}{4} F_{\alpha\beta} F_{\alpha\beta} - \frac{3}{2} \varphi_{,\alpha} \varphi_{,\alpha} + 3 \varphi_{,5} \varphi_{,5} \\ & -\frac{1}{2} g_{\alpha\alpha,\beta} A_{\beta,5} - \frac{1}{2} g_{\alpha\alpha,5} A_{\beta,\beta} + g_{\alpha\beta,5} A_{\alpha,\beta} - \frac{3}{2} g_{\alpha\alpha,5} \varphi_{,5} + 3 A_{\alpha,5} \varphi_{,\alpha}. \end{aligned}$$

La théorie est invariante dans des transformations de jauge qui laissent le Lagrangien invariant à une divergence près. A l'approximation linéaire, ces transformations s'écrivent

$$\text{(5)} \qquad \partial\varphi = \Lambda_{5,5}, \qquad \partial A_\mu = \Lambda_{\mu,5} + \Lambda_{\mu,5}, \qquad \partial g_{\mu\nu} = \partial_{\mu\nu} \Lambda_{5,5} + \Lambda_{\mu,\nu} + \Lambda_{\nu,\mu}.$$

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur les équations approchées de la théorie d'Einstein-Schrödinger.* Note de Mme **Marie-Antoinette Tonnelat**, présentée par M. Louis de Broglie.

Le second groupe des équations de la théorie d'Einstein-Schrödinger ($R_{\mu\nu}(\Gamma) = \lambda g_{\mu\nu}$) peut se mettre sous la forme rigoureuse [1] :

$$\text{(1)} \qquad W_{\underset{\vee}{\mu\nu}} = \nabla_\rho L^{\rho}_{\underset{\vee}{\mu\nu}} + L^{\rho}_{\underset{\vee}{\mu\nu}} u_\rho - \left(u^{\lambda}_{\mu\rho} L^{\rho}_{\lambda\nu} + u^{\rho}_{\lambda\nu} L^{\lambda}_{\underset{\vee}{\mu\rho}} \right) = \frac{2}{3} (\partial_\mu \Gamma_\nu - \partial_\nu \Gamma_\mu) + \lambda \varphi_{\mu\nu},$$

$$\text{(2)} \qquad W_{\underline{\mu\nu}} = G_{\mu\nu} + \nabla_\rho u^{\rho}_{\mu\nu} - \frac{1}{2} \nabla_\mu \nabla_\nu \operatorname{Log} g + u^{\rho}_{\mu\nu} u_\rho - \left(u^{\lambda}_{\mu\rho} u^{\rho}_{\lambda\nu} + L^{\lambda}_{\mu\rho} L^{\rho}_{\underset{\vee}{\lambda\nu}} \right) = \lambda \gamma_{\mu\nu}$$

[1] M. A. Tonnelat, *J. Phys. Rad.*, 12, 1951, p. 81.

$L^\rho_{\mu\nu} = \{ {}^{\rho}_{\mu\nu} \} + u^\rho_{\mu\nu} + \underset{\vee}{L}{}^\rho_{\mu\nu}$ est la connexion affine à vecteur de torsion nul $\left(\underset{\vee}{L}{}^\sigma_{\rho\sigma} = 0\right)$ en fonction de laquelle est définie le tenseur de Ricci $W_{\mu\nu}$; $\{ {}^{\rho}_{\mu\nu} \}$ désigne les symboles de Christoffel formés avec les $\gamma_{\mu\nu}\left(= \underset{-}{g}_{\mu\nu}\right)$, ∇_ρ la dérivée covariante et $G_{\mu\nu}$ le tenseur de Ricci riemannien écrits avec les symboles.

Les équations rigoureuses de la théorie s'obtiennent en remplaçant les $\underset{\vee}{L}{}^\rho_{\mu\nu}$, $u^\rho_{\mu\nu}$ par leurs valeurs tirées de la solution générale des équations $g_{\underset{+-}{\mu\nu};\rho} = 0$ [2]. On en déduit aussi les équations de la théorie à un ordre donné d'approximation sans passer par des approximations successives. Limitons-nous ici au deuxième ordre. Il est commode, comme nous l'avons déjà indiqué, de supposer que les $\varphi_{\mu\nu}\left(= \underset{\vee}{g}_{\mu\nu}\right)$ seuls sont petits et de se limiter, en ce qui les concerne, aux termes du deuxième ordre sans faire aucune hypothèse sur les $\gamma_{\mu\nu}$ [3].

Au 3e ordre près, on obtient alors les équations suivantes :

$$(3) \qquad \nabla^\rho \varphi_{\mu\underline{\rho}} = 0 \qquad (\nabla^\rho = \gamma^{\rho\sigma}\nabla_\sigma,\ \Box = \nabla^\rho\nabla_\rho),$$

$$(4) \qquad \Box\varphi_{\mu\nu} - \frac{1}{2}\nabla^\rho\varphi_{\mu\nu\rho} = \frac{2}{3}(\partial_\mu\Gamma_\nu - \partial_\nu\Gamma_\mu) + \lambda\varphi_{\mu\nu},$$

$$(5) \qquad G_{\mu\nu} - \nabla^\rho(\varphi_{\mu\lambda}\nabla^\lambda\varphi_{\nu\rho} + \varphi_{\nu\lambda}\nabla^\lambda\varphi_{\mu\rho}) + \frac{1}{2}\nabla^\rho(\varphi_{\mu\lambda}\varphi_{\nu\rho}{}^{\underline{\lambda}} + \varphi_{\nu\lambda}\varphi_{\mu\rho}{}^{\underline{\lambda}})$$
$$- \frac{1}{2}\nabla_\mu\nabla_\nu \operatorname{Log} g + \left(\nabla_\sigma\varphi_{\mu\underline{\rho}} - \frac{1}{2}\varphi_{\mu\rho\sigma}\right)\left(\nabla^\rho\varphi_\nu{}^{\underline{\sigma}} - \frac{1}{2}\varphi_\nu{}^{\underline{\sigma\rho}}\right) = \lambda\gamma_{\mu\nu}$$

en soulignant les indices des $\varphi_{\mu\nu}$ élevés à l'aide des γ et en posant :

$$(6) \qquad \varphi_{\mu\nu\rho} = \partial_\mu\varphi_{\nu\rho} + \partial_\rho\varphi_{\mu\nu} + \partial_\nu\varphi_{\rho\mu}.$$

D'autre part, les identités fondamentales que vérifie le tenseur de Riemann-Christoffel $G^\rho{}_{\mu\nu\sigma}(\{\ \})$ nous permettent d'écrire en tenant compte de (3) et de (5)

$$\nabla^\rho\varphi_{\mu\nu\rho} = \Box\varphi_{\mu\nu} - G^{\rho\sigma}{}_{\mu\nu}\varphi_{\rho\sigma} - 2\lambda\varphi_{\mu\nu}.$$

En comparant avec (4) et en posant [4]

$$\partial_\mu\Gamma_\nu - \partial_\nu\Gamma_\mu = -\frac{3}{4}\chi F_{\mu\nu},$$

on obtient les équations de la théorie sous la forme suivante :

Pour l'électromagnétisme

$$\nabla^\rho\varphi_{\mu\underline{\rho}} = 0,$$
$$\Box\varphi_{\mu\nu} = -\chi F_{\mu\nu} - G^{\tau\sigma}{}_{\mu\nu}\varphi_{\tau\sigma},$$

---

[2] M.-A. TONNELAT, *Ibid.* et aussi *J. Phys. Rad.*, 16, 1955, p. 21.

[3] *Cf.* [1] et aussi LENOIR, *Comptes rendus*, 240, 1955, p. 1400.

Dans [1] nous avions cherché à conserver les équations maxwelliennes $\varphi_{\mu\nu\rho} = 0$, ce que nous ne supposons plus ici.

[4] Rappelons que Γ_μ est le vecteur de torsion de la connexion $\Gamma^\rho_{\mu\nu}$ primitive. Celle-ci définit le tenseur de Ricci $R_{\mu\nu}$ qui intervient dans le principe variationnel et Γ_μ reste arbitraire. Cf. *La théorie d'Einstein et quelques-uns de ses développements*, chap. II, Gauthier-Villars, 1955.

avec les conditions

$$\nabla^\rho \varphi_{\mu\nu\rho} = -\chi F_{\mu\nu} - 2\lambda\varphi_{\mu\nu} - 2G^{\rho\sigma}{}_{\mu\nu}\varphi_{\rho\sigma},$$
$$\nabla^\nu(\chi F_{\mu\nu}) = -2G_{\mu\rho}{}^{\lambda\nu}\nabla^\rho\varphi_{\lambda\nu},$$
$$\frac{1}{6}\varepsilon^{\mu\nu\lambda\sigma}\Box\varphi_{\mu\nu\lambda} = \frac{\lambda}{2}\varepsilon^{\mu\nu\lambda\sigma}\varphi_{\mu\nu\lambda} - \varepsilon^{\mu\nu\lambda\sigma}G^{\tau\rho}{}_{\mu\nu}\Delta_\lambda\varphi_{\tau\rho}.$$

Pour la gravitation

$$G_{\mu\nu} - \frac{1}{2}\gamma_{\mu\nu}G + \lambda\gamma_{\mu\nu} = \chi(\tau_{\mu\nu} + M_{\mu\nu} + X_{\mu\nu} + Y_{\mu\nu}),$$

à condition de poser

$$\tau_{\mu\nu} = -\frac{1}{2}(\varphi_{\mu\tau}F_\nu{}^\tau + \varphi_{\nu\tau}F_\mu{}^\tau) + \frac{1}{4}\gamma_{\mu\nu}\varphi_{\lambda\tau}F^{\lambda\tau},$$
$$M_{\mu\nu} = \frac{1}{4\chi}\left(\varphi_{\mu\tau\rho}\varphi_\nu{}^{\tau\rho} - \frac{1}{6}\gamma_{\mu\nu}\varphi_{\rho\sigma\lambda}\varphi^{\rho\sigma\lambda}\right),$$
$$X_{\mu\nu} = \frac{1}{\chi}\left[(\Delta^\rho\varphi_{\nu\lambda})(\Delta^\lambda\varphi_{\mu\rho}) + \frac{1}{4}\nabla_\mu\nabla_\nu(\varphi_{\rho\sigma}\varphi^{\underline{\rho}\underline{\sigma}}) - \frac{1}{2}\gamma_{\mu\nu}(\nabla_\lambda\varphi_{\rho\tau})(\nabla^\lambda\varphi^{\underline{\rho}\underline{\tau}}) + \frac{\chi}{2}\gamma_{\mu\nu}\varphi_{\rho\sigma}F^{\rho\sigma}\right];$$
$$Y_{\mu\nu} = -\frac{1}{2\chi}\left[G^{\rho\sigma}{}_{\nu\tau}\varphi_{\rho\sigma}\varphi_\mu{}^{\underline{\tau}} + G^{\rho\sigma}{}_{\mu\tau}\varphi_{\rho\sigma}\varphi_\nu{}^{\underline{\tau}} - \frac{3}{2}\gamma_{\mu\nu}G^{\rho\sigma}{}_{\lambda\tau}\varphi_{\rho\sigma}\varphi^{\underline{\lambda}\underline{\tau}}\right]$$

$\tau_{\mu\nu}$ est un tenseur de Maxwell écrit dans un système champs-inductions qui lie les $\varphi_{\mu\nu}\left(= g_{\underset{\vee}{\mu\nu}}\right)$ aux $F_{\mu\nu}$ définis par (8); $M_{\mu\nu}$ ne contient que le courant $\varphi_{\mu\nu\rho}$ et joue le rôle d'un tenseur matériel; $Y_{\mu\nu}$ se rattache directement à la présence de la courbure riemannienne. Il disparaît au second ordre quand on fait les hypothèses habituelles sur l'ordre de grandeur des γ.

En formant les divergences de ces différents tenseurs, on obtient

$$\nabla^\nu\chi(\tau_{\mu\nu} + M_{\mu\nu} + X_{\mu\nu} + Y_{\mu\nu}) = 0.$$

Ainsi les équations en divergence nulle pour l'ensemble des constituants du tenseur d'énergie se trouvent bien vérifiées au troisième ordre près.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *L'emploi de la métrique $h^{\mu\nu}$ et des champs $f^{\mu\nu}$ pour l'obtention des équations du mouvement.* Note de M. **Pham Tan Hoang**, présentée par M. Louis de Broglie.

Approximation des équations du champ quand on prend $h^{\mu\nu}$ pour métrique et $f^{\mu\nu}$ comme champ électromagnétique.

1. Dans la théorie unitaire d'Einstein-Schrödinger [1], posons

$$g_{\mu\nu} = \gamma_{\mu\nu} + \varphi_{\mu\nu}, \qquad g^{\mu\nu} = h^{\mu\nu} + f^{\mu\nu},$$
$$(1)\qquad L^\rho_{\mu\nu} = \left\{ {\rho \atop \mu\nu} \right\} + M^\rho_{\mu\nu} = \left\{ {\overline{\rho} \atop \mu\nu} \right\} + \overline{M}^\rho_{\mu\nu},$$

[1] Mme M.-A. Tonnelat, *J. Phys. Rad.*, **12**, 1951, p. 81; **13**, 1952, p. 177; **16**, 1955, p. 21 dont nous prenons les notations.

où $\gamma_{\nu\mu}$ et $h^{\mu\nu}$, tenseurs symétriques; $\varphi_{\mu\nu}$ et $f^{\mu\nu}$, tenseurs antisymétriques; $[L^{\rho}_{\mu\nu}=\Gamma^{\rho}_{\mu\nu}+(2/3)\,\delta^{\rho}_{\mu}\,\Gamma_{\nu}]$ est la connexion affine à vecteur de torsion nul associée à la connexion primitive $\Gamma^{\rho}_{\mu\nu}$; $\left\{\begin{smallmatrix}\rho\\ \mu\nu\end{smallmatrix}\right\}$ et $\left\{\begin{smallmatrix}\overline{\rho}\\ \mu\nu\end{smallmatrix}\right\}$ symboles de Christoffel relatifs respectivement aux $\gamma_{\mu\nu}$ et aux $h^{\mu\nu}$; indice grec $=1, 2, 3, 0$; indice latin $=1, 2, 3$.

2. L'approximation des équations du champ permet d'obtenir les équations du mouvement. Il faut faire intervenir les développements des $\gamma_{\mu\nu}$, $\varphi_{\mu\nu}$ jusqu'au troisième ordre, et ceux des $M^{\rho}_{\mu\nu}$ jusqu'au quatrième ordre. En prenant $\gamma_{\mu\nu}$ comme métrique et $\varphi_{\mu\nu}$ comme champ électromagnétique, J. Callaway ([2]) obtient seulement le mouvement d'une particule matérielle (sans charge). W. B. Bonnor ([3]) a proposé de modifier l'hamiltonien de la théorie, pour avoir un résultat positif.

3. Ce choix n'étant pas satisfaisant, nous proposons de prendre $h^{\mu\nu}$ pour métrique et $f^{\mu\nu}$ pour champ électromagnétique ([4]). Si l'on fait les développements suivants en fonction d'un paramètre ε :

$$h_{00}=1+\varepsilon^2 \underset{2}{h_{00}}+\varepsilon^4 \underset{4}{h_{00}}+\ldots;\qquad h_{p0}=\varepsilon^3 \underset{3}{h_{p0}}+\varepsilon^5 \underset{5}{h_{p0}}+\ldots;$$
$$h_{pq}=-\delta_{pq}+\varepsilon^2 \underset{2}{h_{pq}}+\varepsilon^4 \underset{4}{h_{pq}}+\ldots;$$
$$f^{pq}=\varepsilon^2 \underset{2}{f^{pq}}+\varepsilon^4 \underset{4}{f^{pq}}+\ldots;\qquad f^{p0}=\varepsilon^3 \underset{3}{f^{p0}}+\varepsilon^5 \underset{5}{f^{p0}}+\ldots$$

on trouve, à l'aide des relations entre les $\gamma_{\mu\nu}$, $\varphi_{\mu\nu}$ et les $h^{\mu\nu}$, $f^{\mu\nu}$ les valeurs des γ_{00}, γ_{p0}, γ_{pq}, φ_{pq}, φ_{p0}.

De (1) on tire

$$\overline{M}^{\rho}_{\mu\nu}-M^{\rho}_{\mu\nu}=\left\{\begin{matrix}\rho\\ \mu\nu\end{matrix}\right\}-\left\{\begin{matrix}\overline{\rho}\\ \mu\nu\end{matrix}\right\}.$$

Le calcul montre qu'à partir du quatrième ordre les $\overline{M}^{\rho}_{\mu\nu}$ diffèrent des $M^{\rho}_{\mu\nu}$:

$$(2)\quad \left\{\begin{aligned}&\underset{4}{\overline{M}^{l}_{00}}-\underset{4}{M^{l}_{00}}=\underset{4}{\overline{M}^{0}_{0l}}-\underset{4}{M^{0}_{0l}}=\frac{1}{4}\,\partial_l\big(\underset{2}{f^{ij}}\underset{2}{f^{ij}}\big),\\ &\underset{4}{\overline{M}^{l}_{mn}}-\underset{4}{M^{l}_{mn}}=\frac{1}{4}\Big[\partial_m\big(\underset{2}{f^{ij}}\underset{2}{f^{ij}}+2\underset{2}{f^{lr}}\underset{2}{f^{rn}}\big)+\partial_n\big(\underset{2}{f^{ij}}\underset{2}{f^{ij}}+2\underset{2}{f^{lr}}\underset{2}{f^{rm}}\big)\\ &\qquad\qquad-\partial_l\big(\underset{2}{f^{ij}}\underset{2}{f^{ij}}+2\underset{2}{f^{nr}}\underset{2}{f^{rm}}\big)\Big].\end{aligned}\right.$$

4. Considérons un système de particules chargées. Soit S_k une surface fermée entourant seulement la $k^{\text{ième}}$ particule. Dans la méthode d'Einstein-Infeld, les équations du mouvement de cette particule peuvent être obtenues à partir de

$$(3)\quad \frac{1}{2\pi}\int_{S_k}\underset{4}{\underline{W}^{\star}_{mr}}\,n^r\,dS\equiv\frac{1}{2\pi}\int_{S_k}\underset{4}{\overline{G}^{\star}_{mr}}\,n^r\,dS$$
$$+\frac{1}{2\pi}\int_{S}\big(\underset{4}{\underline{W}^{\star}_{mr}}-\underset{4}{G^{\star}_{mr}}\big)\,n^r\,dS+\frac{1}{2\pi}\int_{S_k}\big(\underset{4}{G^{\star}_{mr}}-\underset{4}{\overline{G}^{\star}_{mr}}\big)\,n^r\,dS=0,$$

([2]) *Phys. Rev.*, 92, 1953, p. 1567.
([3]) *Proc. Roy. Soc.*, A, 226, 1954, p. 366.
([4]) Ce choix est préconisé par M. A. Lichnerowicz, *cf.* J. Rat, *Mech. Anal.*, 3, n° 5, 1954.

où

$$\underset{4}{A}^{*}_{\underline{mn}} = \underset{4}{A}_{\underline{mn}} + \frac{1}{2}\delta_{mn}\underset{4}{A}_{00} - \frac{1}{2}\delta_{mn}\underset{4}{A}_{ss} \equiv f(A),$$

$$\underset{4}{W}^{*}_{mn} = f(W), \qquad \underset{4}{\overline{G}}^{*}_{mn} = f(\overline{G}), \qquad \underset{4}{G}^{*}_{mn} = f(G),$$

$W_{\mu\nu}$ étant le tenseur de Ricci de la connexion $L^{\rho}_{\mu\nu}$, $\overline{G}_{\mu\nu}$ et $G_{\mu\nu}$ les tenseurs de Ricci formés avec les $\left\{ \overline{{}^{\rho}_{\mu\nu}} \right\}$ et les $\left\{ {}^{\rho}_{\mu\nu} \right\}$. On sait que (²)

$$\frac{1}{2\pi}\int_{S_k}\left(\underset{4}{W}^{*}_{\underline{mr}} - \underset{4}{G}^{*}_{mr}\right) n^r\, dS \equiv 0.$$

Tenant compte de (2) et après transformation :

$$(4)\qquad \underset{4}{G}^{*}_{mn} - \underset{4}{\overline{G}}^{*}_{mn} = \frac{1}{4}\partial_p\Big\{ \partial_n\big(\underset{2}{f}^{ij}\underset{2}{f}^{ij} + 2\underset{2}{f}^{pr}\underset{2}{f}^{rm}\big) - \partial_p\big(\underset{2}{f}^{ij}\underset{2}{f}^{ij} + 2\underset{2}{f}^{nr}\underset{2}{f}^{rm}\big) + \delta_{mp}\partial_s\big(\underset{2}{f}^{ij}\underset{2}{f}^{ij} + 2\underset{2}{f}^{sr}\underset{2}{f}^{rn}\big) - \delta_{mn}\partial_s\big(\underset{2}{f}^{ij}\underset{2}{f}^{ij} + 2\underset{2}{f}^{sr}\underset{2}{f}^{rp}\big)\Big\};$$

l'accolade est antisymétrique en n, p. On déduit de (4) :

$$(a)\qquad \partial_n\left(\underset{4}{G}^{*}_{mn} - \underset{4}{\overline{G}}^{*}_{mn}\right) = 0,$$

$$(b)\qquad \frac{1}{2\pi}\int_{S_k}\left(\underset{4}{G}^{*}_{mr} - \underset{4}{\overline{G}}^{*}_{mr}\right) n^r\, dS \equiv 0;$$

(a) est une condition nécessaire qui montre que l'intégrale du premier membre de (b) est indépendante de la forme de S_k.

L'équation (3) se réduit donc à

$$\frac{1}{2\pi}\int_{S_k}\underset{4}{\overline{G}}^{*}_{mr}\, n^r\, dS = 0.$$

Dans cette équation n'interviennent pas les $f^{\mu\nu}$, de sorte qu'on n'obtient pas l'action du champ électromagnétique sur la particule chargée. On retrouve seulement un résultat fondamental de la relativité générale, qui permet d'obtenir les équations de mouvement d'une masse dans un champ de gravitation.

Conclusion. — En prenant $h^{\mu\nu}$ comme métrique et $f^{\mu\nu}$ comme champ électromagnétique, on n'obtient que les équations de mouvement des particules matérielles (sans charges). Ce résultat est donc équivalent à celui obtenu par J. Callaway en prenant $\gamma_{\mu\nu}$ et $\varphi_{\mu\nu}$ (⁵).

(⁵) Selon une suggestion de M.-A. Tonnelat, nous avons essayé de considérer $\sqrt{h/g}\; h^{\mu\nu}$ et $\sqrt{h/g}\, f^{\mu\nu}$. Alors $\underset{4}{G}^{*}_{mn} - \underset{4}{\overline{G}}^{*}_{mn}$ contient en plus le terme $1/4\,\partial_p\left\{ \delta_{mn}\partial_p\big(\underset{2}{f}^{ij}\underset{2}{f}^{ij}\big) - \delta_{mp}\partial_n\big(\underset{2}{f}^{ij}\underset{2}{f}^{ij}\big)\right\}$ qui est encore un terme de divergence, de sorte que l'on arrive au même résultat.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *La solution générale des équations d'Einstein* $g^{\underset{+-}{\mu\nu}}{}_{;\rho}=0$.

Note de Mlle **Stamatia Mavridès**, présentée par M. Louis de Broglie.

On connaît (¹) la solution générale des équations d'Einstein

$$g_{\underset{+-}{\mu\nu};\rho}=0 \tag{1}$$

qui détermine complètement la connexion affine $\Gamma^{\rho}_{\mu\nu}$ en fonction du tenseur fondamental $g_{\mu\nu}=\gamma_{\mu\nu}+\varphi_{\mu\nu}$. Cette solution s'exprime donc directement au moyen d'une métrique qui — à un invariant près — coïncide avec les $\gamma_{\mu\nu}$. Or, A. Lichnerowicz (²) a donné des arguments pour caractériser la métrique non par les $\gamma_{\mu\nu}$ mais — à un invariant près — par les $h_{\mu\nu}$ tels que

$$g^{\mu\nu}=h^{\mu\nu}+f^{\mu\nu}$$

($hh^{\mu\nu}=$ mineur $h_{\mu\nu}$, et $ff^{\mu\nu}=$ mineur $f_{\mu\nu}$).

Il est donc souhaitable d'exprimer la connexion affine non pas en fonction des $\gamma_{\mu\nu}$ et des $\varphi_{\mu\nu}$, mais en fonction des $h_{\mu\nu}$ et des $f_{\mu\nu}$. Pour cela, on peut évidemment transposer la solution calculée par M.-A. Tonnelat en utilisant les relations de correspondance entre les variables $\gamma_{\mu\nu}$, $\varphi_{\mu\nu}$, $h_{\mu\nu}$ et $f_{\mu\nu}$ (³). Mais pratiquement, il est moins compliqué de reprendre la question à la base et de résoudre les équations

$$g^{\underset{+-}{\mu\nu}}{}_{;\rho}=0 \tag{2}$$

la méthode de résolution est, bien entendu, analogue à celle de M. A. Tonnelat. Il existe néanmoins des différences importantes entre la résolution des équations (1) et celle des équations (2). Nous ne pouvons donner ici le détail des calculs qui seront publiés ailleurs. Soit $\Gamma^{\rho}_{\mu\nu}$ la connexion affine et $\Gamma^{\rho}_{\underset{\vee}{\mu\nu}}$ sa partie antisymétrique. Posons

$$\Gamma^{\rho}_{\mu\nu}=\left\{ {\rho \atop \mu\nu} \right\}+v^{\rho}_{\underset{-}{\mu\nu}}+\Gamma^{\rho}_{\underset{\vee}{\mu\nu}} \tag{3}$$

avec

$$\left\{ {\rho \atop \mu\nu} \right\}=\frac{1}{2}h^{\rho\sigma}(\partial_{\mu}h_{\nu\sigma}+\partial_{\nu}h_{\mu\sigma}-\partial_{\sigma}h_{\mu\nu}) \tag{4}$$

on trouve, d'après (2) :

$$\begin{aligned}2v_{\underset{-}{\mu\nu},\rho}=2h_{\rho\lambda}v^{\lambda}_{\underset{-}{\mu\nu}}=&\left(h_{\mu a}\Gamma_{\underset{\vee}{\sigma\rho},\nu}+h_{\nu a}\Gamma_{\underset{\vee}{\sigma\rho},\mu}\right)f^{\sigma a}\\&-\left(h_{\rho a}\Gamma_{\underset{\vee}{\sigma\mu},\nu}+h_{\nu a}\Gamma_{\underset{\vee}{\sigma\mu},\rho}+h_{\mu a}\Gamma_{\underset{\vee}{\sigma\nu},\rho}+h_{\rho a}\Gamma_{\underset{\vee}{\sigma\nu},\mu}\right)f^{\sigma a}.\end{aligned} \tag{5}$$

(¹) M.-A. Tonnelat, *J. Phys. Rad.*, 12, 1951, p. 81; 16, 1955, p. 21; *La théorie du champ unifié d'Einstein et quelques-uns de ses développements*, Gauthier-Villars, 1955, p. 37.

(²) A. Lichnerowicz, *Les théories relativistes de la gravitation et de l'électromagnétisme* Masson, 1955, p. 288.

(³) M.-A. Tonnelat, *J. Phys. Rad.*, 16, 1955, p. 22, équat. (19).

La connexion affine s'exprime donc encore en fonction de sa partie antisymétrique $\Gamma_{\underset{\vee}{ab},\rho} = h_{\rho\sigma}\Gamma^{\sigma}_{\underset{\vee}{ab}}$. Celle-ci a la forme suivante :

$$(6) \qquad (a^2 + b^2)\,\Gamma_{\underset{\vee}{ab},\rho} = a\,\mathrm{V}_{\underset{\vee}{ab},\rho} + b\,\mathrm{V}^{\star}_{\underset{\vee}{ab},\rho},$$

en posant

$$(7) \qquad \begin{cases} a = 2 - \dfrac{h}{g} + \dfrac{6h}{f}, \qquad b = \dfrac{-2\sqrt{-h}}{\sqrt{f}}\left(3 - \dfrac{h}{g} + \dfrac{h}{f}\right), \\ \mathrm{V}_{\underset{\vee}{ab},\rho} = \left(2 - \dfrac{h}{g} + \dfrac{h}{f}\right)\mathrm{U}_{\underset{\vee}{ab},\rho} + \dfrac{2\sqrt{-h}}{\sqrt{f}}\,\mathrm{U}^{\star}_{\underset{\vee}{ab},\rho} - \mathrm{U}_{\underset{\vee}{ab},\bar{\bar{\rho}}}. \end{cases}$$

et enfin

$$(8) \qquad \begin{cases} \mathrm{U}_{\underset{\vee}{ab},\rho} = -\dfrac{1}{2} f_{\underline{a}\,\underline{b}\,\underline{\rho}} + {}_{\rho}\nabla f_{\underline{ab}} \\ \qquad + \left(\dfrac{g}{f} f_{\mu\nu\rho} + \dfrac{g}{h} f_{\underline{\mu}\,\underline{\nu}\,\underline{\rho}}\right)\left\{\dfrac{h}{4f}(f_{\underline{ab}} f^{\underline{\mu}\,\underline{\nu}} - f_{ab} f^{\mu\nu}) + \dfrac{1}{4} f_{\underline{ab}} f^{\mu\nu} + \dfrac{h^2}{4fg}\left(1 - \dfrac{g}{f}\right) f_{ab} f^{\underline{\mu\nu}}\right\} \\ \qquad + f_{\underline{ab}}\,\partial_\rho \log\dfrac{g}{h} - \dfrac{h}{4f} f_{ab}\,\partial_\rho \log\dfrac{g}{f} - \dfrac{h}{2\sqrt{f}}\,\varepsilon_{ab\rho\sigma} f^{\underline{\lambda}\,\underline{\sigma}}\,\partial_\lambda \log\dfrac{g}{h} \\ \qquad - \dfrac{h\sqrt{-h}}{4f}\,\varepsilon^{\star}_{(ab)\rho\sigma} f^{\underline{\lambda}\,\underline{\sigma}}\,\partial_\lambda \log\dfrac{g}{f} \\ \qquad + \dfrac{h}{\sqrt{f}}\,\varepsilon_{ab\rho\sigma} h^{\sigma\lambda}\Gamma_\lambda - \dfrac{h}{2\sqrt{f}}\,h_{\rho\lambda} f^{\sigma\lambda}\,\varepsilon_{a\sigma bn} f^{\underline{mn}}\,\Gamma_m, \end{cases}$$

∇_ρ est la dérivée covariante exprimée en fonction des symboles $\left\{ {\rho \atop \mu\nu} \right\}$ (4). Les autres notations utilisées sont les suivantes :

$$(9) \qquad \begin{cases} f_{\mu\nu\rho} = \partial_\mu f_{\nu\rho} + \partial_\nu f_{\rho\mu} + \partial_\rho f_{\mu\nu}, \qquad f_{\underline{\mu}\,\underline{\nu}\,\underline{\rho}} = \partial_\mu f_{\underline{\nu}\,\underline{\rho}} + \partial_\nu f_{\underline{\rho}\,\underline{\mu}} + \partial_\rho f_{\underline{\mu}\,\underline{\nu}}, \\ f_{\underline{\mu}\,\underline{\nu}} = h_{\mu\rho} h_{\nu\sigma} f^{\rho\sigma}, \qquad f^{\underline{\mu}\,\underline{\nu}} = h^{\mu\rho} h^{\nu\sigma} f_{\rho\sigma}, \qquad \Gamma_\lambda = \Gamma^{\rho}_{\underset{\vee}{\lambda\rho}} \\ \mathrm{A}_{\bar{\bar{\rho}}} = h_{\rho\sigma} f^{\sigma\tau} h_{\tau\lambda} f^{\lambda\mu} \mathrm{A}_\mu, \qquad \mathrm{A}^{\star}_{(ab)\rho} = \dfrac{\sqrt{-h}}{2}\,\varepsilon_{ab\mu\nu} h^{\mu\alpha} h^{\nu\beta} \mathrm{A}_{(\alpha\beta)\rho}. \end{cases}$$

Il y a intérêt à comparer (8) avec la solution générale en $\gamma_{\mu\nu}$ et $\varphi_{\mu\nu}$ obtenue par M. A. Tonnelat ([3]) [équations (71), (82), (83), (84)].

Enfin les conditions d'existence s'écrivent :

$$(10) \qquad g(a^2 + b^2) \neq 0.$$

Elles sont, bien entendu, les mêmes que dans le cas de l'équation (1). En particulier si $1/\sqrt{f} = f^{12}f^{34} + f^{31}f^{24} + f^{23}f^{14} = 0$, les conditions d'existence sont simplement

$$(11) \qquad a = 2 - \frac{h}{g} = 1 - \frac{1}{2} f_{\underline{\mu}\,\underline{\nu}} f^{\mu\nu} \neq 0.$$

RELATIVITÉ. — *Sur le champ électromagnétique singulier.*
Note (*) de M. **Louis Mariot**, présentée par M. Louis de Broglie.

Étude locale des équations de Maxwell en repère orthonormé. Le champ singulier complètement intégrable. Problème de Cauchy relatif au champ singulier complètement intégrable.

1. Dans la variété espace-temps V_4 de la relativité générale de tenseur fondamental $g_{\alpha\beta}(\alpha, \beta = 0, 1, 2, 3)$ soit un domaine occupé par un champ électromagnétique pur $F_{\lambda\mu}$. En repère orthonormé $(\vec{e}_\alpha)$ tel que le 2-plan $(\vec{e}_1, \vec{e}_2)$ soit parallèle à la fois au vecteur champ électrique E et au vecteur champ magnétique H, les composantes $F_{\lambda\mu}$ s'écrivent (¹) :

$$(1) \qquad F_{10} = X, \quad F_{20} = Y, \quad F_{30} = 0, \quad F_{23} = L, \quad F_{31} = M, \quad F_{12} = 0.$$

Un tel repère $(\vec{e}_\alpha)$ sera dit repère $\mathcal{R}$.

2. En repère $\mathcal{R}$, les huit équations de Maxwell $\nabla_\alpha F^{\alpha\beta} = 0$, $\nabla_\alpha {}^*F^{\alpha\beta} = 0$, permettent d'écrire les quatre équations suivantes :

$$(2) \quad \begin{cases} a. & \partial_1\alpha + \partial_2\beta - dX - eY + \alpha A + \beta B = 0, \\ b. & -\partial_2\alpha + \partial_1\beta - eX + dY + \alpha C + \beta D = 0, \\ c. & (\partial_0 - \partial_3)\alpha + X(b - c) - Yq + \alpha E + \beta F = 0, \\ d. & (\partial_0 - \partial_3)\beta - Xq + Y(c - b) + \alpha G + \beta H = 0, \end{cases}$$

dans lesquelles nous avons posé

$$X - M = \alpha, \qquad Y + L = \beta;$$

$$a = \gamma_{300} + \gamma_{303}, \qquad b = \gamma_{011} + \gamma_{311}, \qquad c = \gamma_{022} + \gamma_{322},$$

$$d = \gamma_{100} + \gamma_{103} + \gamma_{130} + \gamma_{133}, \qquad e = \gamma_{200} + \gamma_{203} + \gamma_{230} + \gamma_{233}, \qquad q = \gamma_{102} + \gamma_{132} + \gamma_{201} + \gamma_{231},$$

les $\gamma_{\alpha\beta\gamma}$ étant les coefficients de Ricci correspondant au repère $\mathcal{R}$, A, B, ..., G, H des sommes algébriques de coefficients de Ricci, $\partial_\mu\alpha$, $\partial_\mu\beta$ ($\mu = 0, 1, 2, 3$) les dérivées pfaffiennes de α et β $\left[d\alpha = \partial_\mu\alpha . \omega^\mu,\ ds^2 = (\omega^0)^2 - \sum_i (\omega^i)^2\right]$.

3. Si le champ est singulier et non identiquement nul, $\alpha = 0$, $\beta = 0$, $X^2 + Y^2 \neq 0$, les équations (2) donnent

$$(3) \qquad d = 0, \quad e = 0, \quad b = c, \quad q = 0,$$

les quantités A, B, ..., H ne s'annulant pas.

(*) Séance du 4 juillet 1955.

(¹) Lichnerowicz, *Théories relativistes de la gravitation et de l'électromagnétisme*, Masson, 1955, dont nous prenons les notations.

Le tenseur d'énergie de Maxwell $\tau_{\alpha\beta}$ associé au champ électromagnétique s'écrit alors

$$\tau_{\alpha\beta} = P^2 l_\alpha l_\beta, \qquad 2P^2 = X^2 + Y^2.$$

Rappelons que les trajectoires du vecteur isotrope $\vec{l}$ sont géodésiques de longueur nulle du ds^2 [2].

4. Un champ singulier sera dit complètement intégrable si le champ des 3-plans $\theta = l_\alpha dx^\alpha = 0$ tangents au cône isotrope est complètement intégrable. Dans ce cas, nous avons [3]

$$(4) \qquad \theta \wedge d\theta = 0.$$

En repère $\mathcal{R}$ dans lequel $\vec{l}$ a les composantes (1, 0, 0, 1) (4) donne les trois conditions indépendantes :

$$d = 0, \qquad e = 0, \qquad \gamma_{102} + \gamma_{132} = \gamma_{201} + \gamma_{231}.$$

5. Nous établissons :

Théorème. — *Étant donné sur une hypersurface* S *du genre espace, un champ singulier tel que les directions isotropes l de ce champ sur* S *définissent par l'intermédiaire de la congruence correspondante de géodésiques un champ complètement intégrable de 3-plans tangents au cône isotrope, l'unique solution correspondante des équations de Maxwell au voisinage de* S *est un champ singulier complètement intégrable.*

Pour effectuer la démonstration, adoptons des repères $\mathcal{R}$ tels que pour ceux dont l'origine est sur S, *seul* le vecteur $\vec{e}_2$ soit dans le 3-plan tangent à S, ce qui est toujours possible puisque S n'est pas isotrope. Les conditions d'intégrabilité $d = 0$, $e = 0$, permettent d'écrire les équations (2*a*), (2*b*), sous la forme

$$(5) \qquad \partial_1\alpha + \partial_2\beta + \alpha A + \beta B = 0, \qquad -\partial_2\alpha + \partial_1\beta + \alpha C + \beta D = 0,$$

ces équations étant satisfaites sur S et au voisinage de S.

Sur S, α et β sont donnés, donc les dérivées tangentielles $\partial_2\alpha$ et $\partial_2\beta$. Les dérivées obliques $\partial_1\alpha$ et $\partial_1\beta$ sont alors déterminées par les équations (5) :

$$\partial_1\alpha = -\partial_2\beta - \alpha A - \beta B = \text{données de Cauchy},$$
$$\partial_1\beta = \quad \partial_2\alpha - \alpha C - \beta D = \text{données de Cauchy}.$$

Il en sera de même pour les dérivées d'ordre supérieur.

Comme sur S, $\alpha = 0$, $\beta = 0$, la solution unique correspondante des équations (5), au voisinage de S est la solution identiquement nulle.

---

[2] L. Mariot, *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 2055.

[3] E. Cartan, *Systèmes différentiels extérieurs et leurs applications géométriques*, Hermann, 1945.

MÉCANIQUE QUANTIQUE. — *Quelques résultats relatifs à un opérateur non hermitique défini sous forme implicite.* Note (*) de MM. **André Herpin** et **Claude Mercier**, présentée par M. Francis Perrin.

Dans l'étude d'un modèle nucléaire que nous avons utilisé pour la théorie de la photodésintégration, nous avons introduit un hamiltonien défini sous forme implicite permettant de généraliser le modèle de la « boule de cristal ». Dans la présente Note nous donnons un résumé des résultats mathématiques que nous avons obtenus pour de tels opérateurs.

1. En vue de généraliser la notion de potentiel complexe en mécanique quantique, nous avons été amenés à introduire des opérateurs non hermitiques définis sous forme implicite

$$\mathrm{H} = \mathrm{H}_0 - i\alpha \mathrm{V}(\vec{r}) f(\mathrm{H}) \qquad \text{avec} \quad \mathrm{H}_0 = -\nabla^2 + \mathrm{U}(\vec{r}) \tag{1}$$

$\mathrm{U}(\vec{r})$ et $\mathrm{V}(\vec{r})$ sont des fonctions réelles à carré sommable et $f(x)$ est une fonction réelle. L'équation (1) définit d'une façon générale une infinité d'opérateurs dont un seul tend vers H_0 lorsque α tend vers zéro. C'est cet opérateur que nous étudierons par la suite. Dans le cas particulier, $f(x) = x - a$, (1) est résoluble sous la forme

$$\mathrm{H} = [1 + i\alpha \mathrm{V}]^{-1} [\mathrm{H}_0 + i\alpha \mathrm{V} a]. \tag{2}$$

2. A H, nous associons l'opérateur $\tilde{\mathrm{H}}$ défini par

$$\tilde{\mathrm{H}} = \mathrm{H}_0 - i\alpha f(\tilde{\mathrm{H}}) \mathrm{V}(\vec{r}), \tag{1'}$$

H_0 étant un opérateur symétrique, $\tilde{\mathrm{H}}$ est le transposé de H :

$$\int f \tilde{\mathrm{H}} g \, d\tau = \int g \mathrm{H} f \, d\tau. \tag{3}$$

Nous avons montré que ces deux opérateurs sont liés par la relation

$$(1 + \mathrm{K}) \mathrm{H} = \tilde{\mathrm{H}} (1 + \mathrm{K}). \tag{4}$$

Si $f(x) = \sum_n a_n x^n$, l'opérateur K est défini par

$$\mathrm{K} = i\alpha \sum_{n=1}^{\infty} a_n \sum_{j=0}^{n-1} \tilde{\mathrm{H}}^j \mathrm{V}(\vec{r}) \mathrm{H}^{n-1-j}. \tag{5}$$

L'opérateur K est symétrique, $\mathrm{K} = \tilde{\mathrm{K}}$.

Soit une fonction propre ψ telle que $\mathrm{H}\psi = \mathrm{E}\psi$. Appliquons à ψ les deux membres de (3) :

$$\mathrm{E}(1 + \mathrm{K})\psi = \tilde{\mathrm{H}}(1 + \mathrm{K})\psi. \tag{6}$$

(*) Séance du 4 juillet 1955.

On en déduit que les fonctions propres de $\tilde{H}$ sont $\tilde{\psi}=(1+K)\psi$ et que les valeurs propres de H et $\tilde{H}$ sont les mêmes. Le comportement asymptotique de ψ et $\tilde{\psi}$ est le même.

D'après l'équation (3), si ψ_k et $\tilde{\psi}_l$ sont deux fonctions propres

$$(7)\qquad (E_k-E_l)\int \psi_k\tilde{\psi}_l\,d\tau=(E_k-E_l)\int \psi_k(1+K)\psi_l\,d\tau=0.$$

Deux fonctions propres appartenant à des valeurs propres différentes sont donc orthogonales, si l'on définit l'orthogonalité de deux fonctions par

$$(8)\qquad \int f(1+K)g\,d\tau=0.$$

On peut normaliser les fonctions ψ_k. Toute fonction f peut alors être développée :

$$(9)\qquad f=\sum_k a_k\psi_k+r;\qquad a_k=\int f\tilde{\psi}_k\,d\tau.$$

La fonction r est orthogonale à toutes les fonctions ψ_k et orthogonale à elle-même.

3. En utilisant la relation (3), on peut mettre H sous la forme

$$(10)\qquad H=(1+K)^{-1}(H_0+iR);$$

$$(11)\qquad R=\alpha\sum_{n=1}^{\infty}a_n\sum_{j=1}^{n-1}\tilde{H}^jV(\vec{r})H^{n-j}-\alpha Va_0;\qquad R=\tilde{R}.$$

Cette forme est bien adaptée à la généralisation de l'équation de Schrödinger dépendant du temps qui s'écrit, en présence d'une perturbation extérieure $A(t)$

$$(12)\qquad i\frac{\partial}{\partial t}\psi=[H_0+A(t)]\psi.$$

Nous la généraliserons en posant

$$(13)\qquad i\frac{\partial}{\partial t}\psi=\frac{1}{1+K}[H_0+A(t)+iR]\psi,$$

K et R étant définis comme ci-dessus.

4. On peut mettre ce problème sous forme variationnelle. Toute fonction $g(x)$ restreinte par la condition

$$(14)\qquad \int_{-\infty}^{+\infty}g(x)(1+K)g(x)\,dx=1$$

qui rende stationnaires les parties réelle et imaginaire de la fonctionnelle

$$(15)\qquad A(f)=\int_{-\infty}^{+\infty}\left(\frac{dg}{dx}\right)^2+g(x)\left\{U(x)+i\alpha\sum_{n=2}^{\infty}a_n\sum_{j=0}^{n-2}\tilde{H}^{j+1}V(x)H^{n-j-2}\right\}g(x)\,dx$$

est une fonction propre de H. La valeur stationnaire de l'intégrale est une valeur propre.

PHYSIQUE GÉNÉRALE. — *Un point de vue algébrique en théorie macroscopique de l'observation.* Note (*) de M. **Robert Vallée**, présentée par M. Louis de Broglie.

On considère des opérateure $\mathcal{A}$ et $\mathcal{Z}$ qui réduisent dans une observation, respectivement, le « champ » spatiotemporel et l'ensemble des « fréquences » (spatiales et temporelles). Au produit et à la somme de deux opérateurs $\mathcal{A}$ (ou $\mathcal{Z}$) correspondent, respectivement, la « mise en série » et la « mise en parallèle » des deux dispositifs d'observation associés.

Nous considérons des opérateurs $\mathcal{A}$ et $\mathcal{Z}$ (1). Les opérateurs $\mathcal{A}$ décrivent les propriétés de certains dispositifs d'observation dont l'un des effets est de réduire, dans l'espace et dans le temps, l'étendue du « champ » où est observé le phénomène représenté par une fonction $f(\mathrm{M}, t)$ du lieu M et de l'instant t. Ils font ainsi correspondre à une fonction $f(\mathrm{M}, t)$ une fonction $g(\mathrm{M}, t)$ telle que

$$g(\mathrm{M}, t) = \mathrm{A}(\mathrm{M}, t) f(\mathrm{M}, t),$$

la fonction, à valeurs réelles, $\mathrm{A}(\mathrm{M}, t)$ étant nulle partout sauf sur un ensemble λ dont la mesure donne l'étendue du « champ » spatiotemporel d'observation. L'enregistrement cinématographique d'une scène à deux dimensions fait intervenir (en plus d'un opérateur $\mathcal{Z}$) un opérateur $\mathcal{A}$, il y a en effet réduction du « champ » spatial et réduction, par effet stroboscopique, du « champ » temporel.

Les opérateurs $\mathcal{Z}$ jouent, pour les « fréquences spatiales » Ω (ou encore ξ, η, ζ) et la fréquence temporelle ω, le même rôle que les opérateurs $\mathcal{A}$ pour le lieu M (ou x, y, z) et l'instant t. On a, $\mathcal{F}$ désignant la transformation de Fourier,

$$g(\mathrm{M}, t) = \mathcal{F}^{-1}\mathrm{Z}(\Omega, \omega)\mathcal{F} f(\mathrm{M}, t),$$

la fonction $\mathrm{Z}(\Omega, \omega)$ (2) étant nulle partout sauf sur un ensemble μ [notons que, $f(\mathrm{M}, t)$ et $g(\mathrm{M}, t)$ devant être à valeurs réelles, il est nécessaire que l'on ait $\mathrm{Z}(\Omega, \omega) = \mathrm{Z}^*(-\Omega, -\omega)$]. Si l'on ne tient pas compte des limitations de « champ » (correspondant à un opérateur $\mathcal{A}$) un microscope électronique peut, à une homothétie de l'image près, être schématisé par un opérateur $\mathcal{Z}$ (les aberrations géométriques apportent, en première approximation, une limita-

(*) Séance du 27 juin 1955.

(1) *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 1350.

(2) Si $h(\mathrm{Q}, r)$ est la fonction dont $\mathrm{Z}(\Omega, \omega)$ est la transformée de Fourier, il est nécessaire d'avoir

$$h(\mathrm{Q}, r) \equiv 0 \quad \text{si} \quad r < 0$$

pour que les résultats d'observation ne puissent être antérieurs aux phénomènes correspondants. Cette condition étant incompatible avec le fait que $\mathrm{Z}(\Omega, \omega)$ s'annule identiquement dans un domaine, les opérateurs $\mathcal{Z}$ sont « idéaux » à la manière des « filtres idéaux » de la radioélectricité

tion au domaine des « fréquences spatiales » que comporte l'image et le temps de rémanence de l'écran limite le domaine des fréquences temporelles ([3]).

Il est évident que les opérateurs $\mathfrak{A}$ (ou $\mathfrak{Z}$) forment un anneau, commutatif, possédant des diviseurs de zéro. Certains des dispositifs d'observation qu'ils représentent peuvent former aussi un anneau si des conditions physiques particulières sont satisfaites. Le produit de deux opérateurs $\mathfrak{A}$ (ou $\mathfrak{Z}$) correspond à la « mise en série » ([4]) des deux dispositifs d'observation associés : par exemple, dans le cas d'opérateurs $\mathfrak{Z}$, l'association de deux systèmes centrés optiques.

La somme de deux opérateurs $\mathfrak{A}$ (ou $\mathfrak{Z}$) correspond à la « mise en parallèle » ([4]) des dispositifs correspondants : par exemple, dans le cas d'opérateurs $\mathfrak{A}$, l'emploi simultané de deux dispositifs d'éclairage stroboscopique.

Remarquons que si μ_1, μ_2, μ_3 sont les ensembles signalés plus haut, associés respectivement aux opérateurs $\mathfrak{Z}_1$, $\mathfrak{Z}_2$, $\mathfrak{Z}_3$ on a évidemment

$$\mu_3 = \mu_2 \cup \mu_1 \quad \text{si} \quad \mathfrak{Z}_3 = \mathfrak{Z}_2 + \mathfrak{Z}_1$$

et

$$\mu_3 = \mu_2 \cap \mu_1 \quad \text{si} \quad \mathfrak{Z}_3 = \mathfrak{Z}_2 \mathfrak{Z}_1.$$

Les mêmes relations sont valables pour des opérateurs $\mathfrak{A}$ et les ensembles λ correspondants.

Dans le cas spécial où les opérateurs $\mathfrak{A}$ (ou $\mathfrak{Z}$) ont des fonctions associées $A(M, t)$ [ou $Z(\Omega, \omega)$] égales à un sur les ensembles λ (ou μ) ces opérateurs forment évidemment un treillis si l'on définit une opération $\oplus$ (pour des opérateurs $\mathfrak{Z}$: $\mathfrak{Z}_1 \oplus \mathfrak{Z}_2 = \mathfrak{Z}_1 + \mathfrak{Z}_2 - \mathfrak{Z}_1 \mathfrak{Z}_2$) et une relation d'ordre (pour des opérateurs $\mathfrak{Z}$: $\mathfrak{Z}_2$ précède $\mathfrak{Z}_1$ si $\mu_2 \supset \mu_1$). Certains des dispositifs d'observation correspondants forment alors un treillis quand se trouvent satisfaites des conditions physiques particulières.

ÉLÉCTRICITÉ. — *Résonance-série avec condensateur non linéaire.* Note ([*]) de M. JEAN-CLAUDE HOFFMANN, transmise par M. Charles Camichel.

L'auteur met en évidence par une méthode graphique les résonances multiples et l'hystérésis d'un circuit résonnant-série, accordé par un condensateur non linéaire, et précise la forme des courbes de résonance.

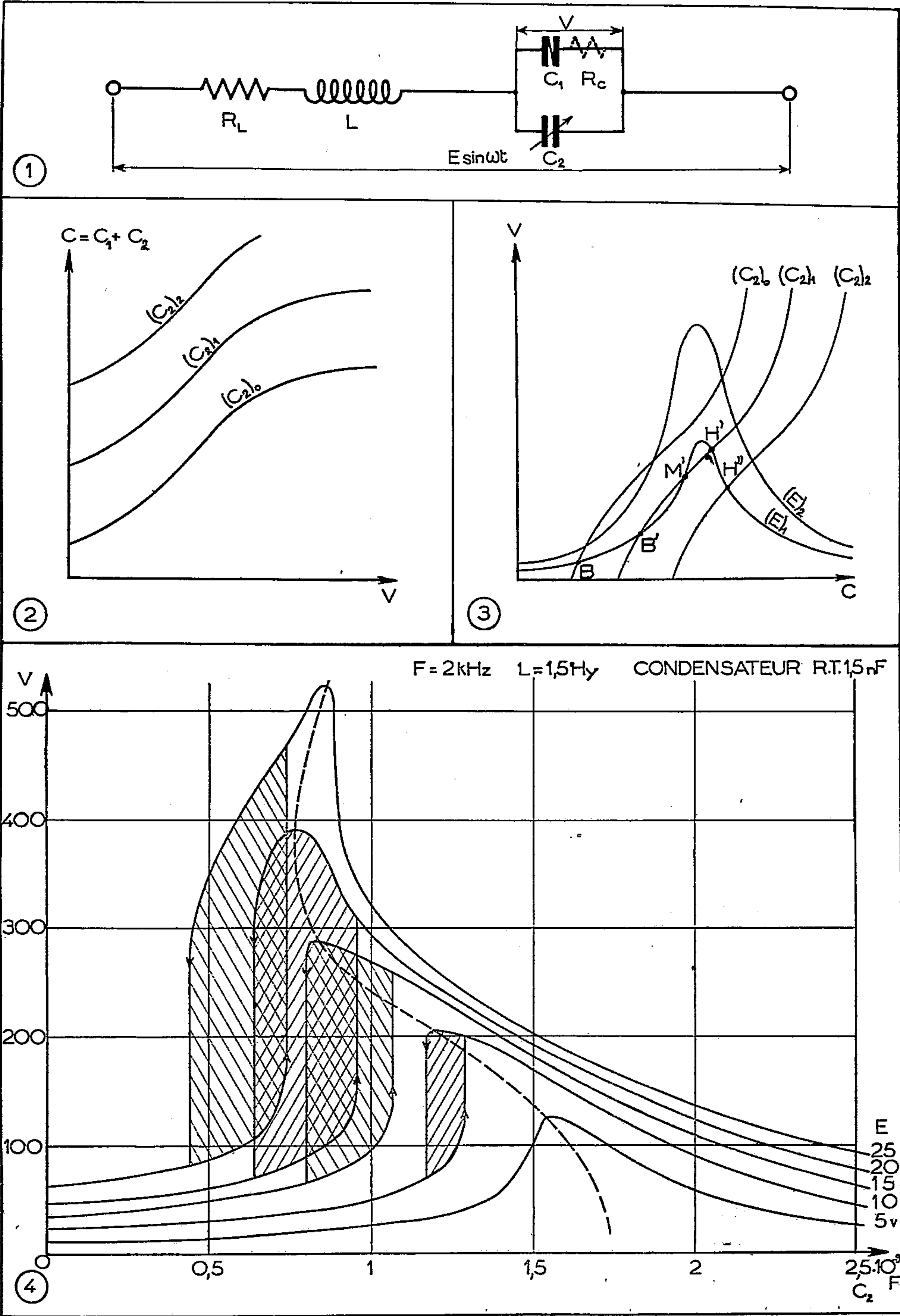
Dans le schéma de la figure 1, C_1 est un condensateur non linéaire à diélectrique ferro-électrique (titanate de barium), C_2 est un condensateur variable, la self L est une self sans fer.

([3]) Le cas des instruments d'optique conduit à des opérateurs qui réduisent l'ensemble des « fréquences spatiales » (*cf.* DUFFIEUX, *L'intégrale de Fourier et ses applications à l'Optique*, 1946; PERROT et BLANC-LAPIERRE, *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 539; WIENER, *J. Opt. Soc. Am.*, 1953, p. 225).

([4]) Allusion à l'algèbre des circuits.

([*]) Séance du 4 juillet 1955.

La capacité de C_1 varie avec l'amplitude V de la tension alternative développée à ses bornes. L'allure de la variation globale de $C = C_1 + C_2$ est représentée,



pour un condensateur non linéaire donné, par la figure 2, avec C_2 comme paramètre.

Si l'ensemble des deux condensateurs (C_1, C_2) est remplacé par un condensateur C dans la figure 1, on peut tracer V(C) avec E comme paramètre, en tenant compte de R_L et R_C L, et ω restant fixes; c'est une courbe de résonance classique.

Pour obtenir les points figuratifs de l'état du système pour un réglage donné : il suffit de superposer les deux graphiques V(C). Ces points devant satisfaire aux deux conditions, ce sont donc les points d'intersection des deux réseaux (*fig.* 3).

Selon la valeur du paramètre C_2 et à E constant, on obtient, soit un, soit trois points de fonctionnement. Seuls, les points B et H sont stables. Si l'on fait varier C_2 selon que l'on procède par valeur croissante ou décroissante, la courbe $V(C_2)$ n'est pas décrite de façon univoque. Si, pendant les variations de C_2, les deux courbes V(C) deviennent tangentes, les deux points de fonctionnement forment un point double : (BM) ou (MH). Si C_2 continue à varier dans le même sens, le point double disparaît, le mode de fonctionnement change : il se produit une discontinuité dans la variation $V(C_2)$. Ce passage d'un mode au suivant est fonction du sens de la variation. Il se produit donc un phénomène d'hystérésis.

La figure 4 est relative à des résultats expérimentaux qui précisent la forme du réseau des courbes $V(C_2)$ pour diverses valeurs de la tension injectée E. Le maximum se déplace quand E varie. Pour E = 25 V, $V(C_2)$ présente une légère discontinuité sur le flanc opposé aux discontinuités produites par le passage des modes B et H de l'un à l'autre. Cela est dû à la présence de deux modes nouveaux correspondant à trois nouveaux points d'intersection des réseaux V(C), situés dans la partie décroissante de C_1 en fonction de V (saturation du diélectrique).

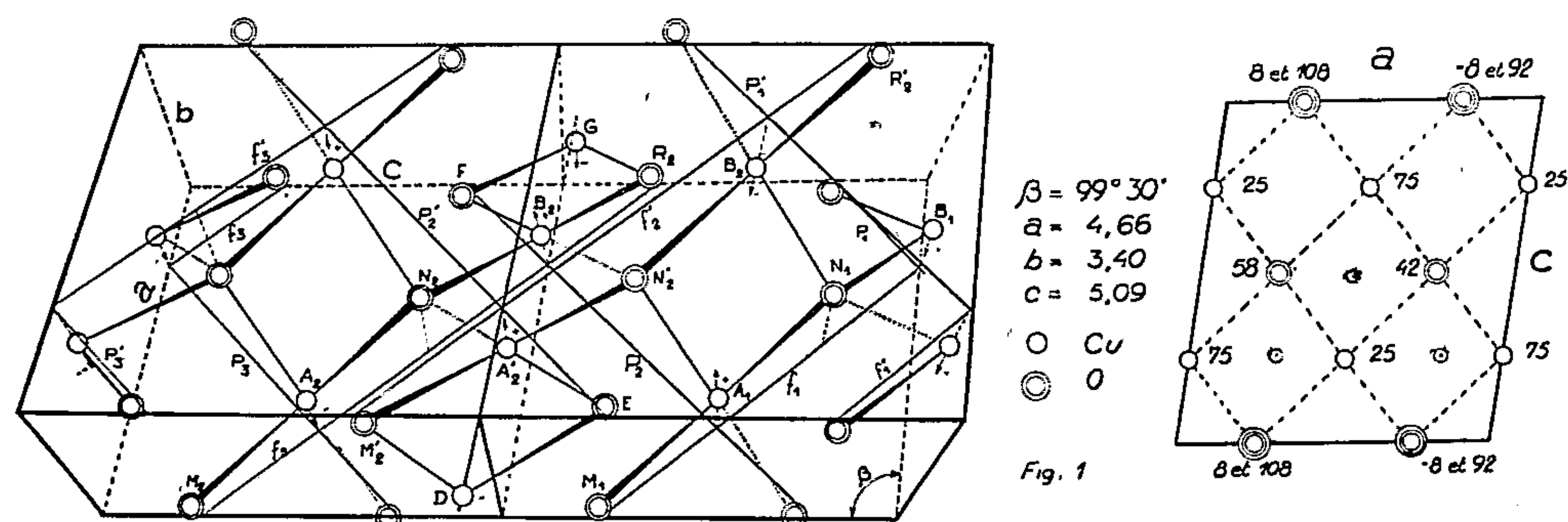
MAGNÉTISME. — *Susceptibilité magnétique de l'oxyde cuivrique* CuO. Note (*) de MM. **Henri Bizette** et **Belling Tsaï**, présentée par M. Gaston Dupouy.

D'après G. Tunell, E. Ponsjak et C. J. Ksanda ([1]) CuO possède une structure monoclinique (*fig.* 1). On peut considérer le cristal, soit comme formé de deux séries de chaînes en zigzag K_1, K_2, K_3, ..., K'_1, K'_2, K'_3, ... se projetant sur les plans (*ac*) suivant des lignes parallèles f_1, f_2, f_3, ..., f'_1, f'_2, f'_3 ..., soit comme formé de « molécules doubles » telles que $A_1 N_1 B_2 N'_2$ et A'_2, M'_2 D E, les quadrilatères A_1 N_1 B_2 N'_2 et A'_2 M'_2 D E étant des losanges dont les plans font entre eux un angle voisin de 90° (88°,40′).

(*) Séance du 4 juillet 1955.

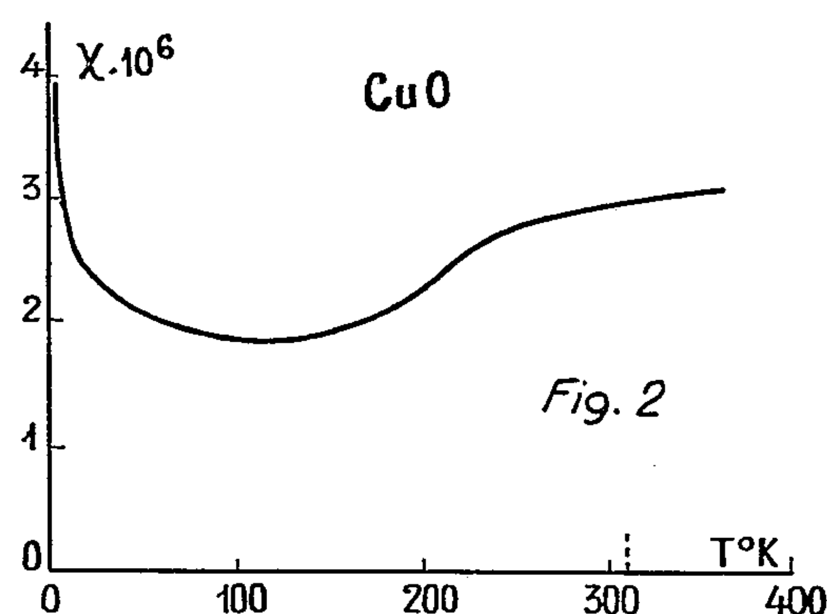
([1]) J. Wash, *Ac. Sc.*, 23, 1933, p. 195.

Lors de la dissociation thermique de CuO donnant naissance à Cu_2O, les atomes d'oxygène appartenant à l'une des séries de chaînes (K′ par exemple) abandonnent le réseau, tandis que les atomes d'oxygène appartenant à l'autre série (K) et les atomes de cuivre se déplacent légèrement et forment respectivement un réseau cubique centré et un réseau cubique à faces centrées.



La chaleur spécifique de CuO présente une très faible anomalie à une température T_λ égale à 220° K d'après J. H. Hu et H. Johnston ([2]), à 230° K d'après G. Assayag et H. Bizette ([3]).

La susceptibilité magnétique déterminée d'une part par Honda et Ishiwara ([4]) entre 100 et 700° K, d'autre part par Klemm et Schüth ([5]), entre 300 et 700° K,



présente un maximum très aplati. Les résultats obtenus par ces auteurs ne concordant pas, il nous a paru utile de reprendre les mesures sur le produit utilisé par G. Assayag et de les étendre aux très basses températures (4° K).

Les résultats sont représentés sur la figure 2. Aucune discontinuité ne se

([2]) *J. Am. Chem. Soc.*, 75, 1953, p. 2471.
([3]) *Comptes rendus*, 239, 1954, p. 238.
([4]) *Sc. Rep. Tôhoku Univ.*, 4, 1915, p. 205.
([5]) *Z. anorg. ü. allg. chim.*, 203, 1931, p. 104.

produit à la température T_λ. Néanmoins, l'étude du spectre de diffraction des neutrons effectuée par B. N. Brockhouse ([6]) montre qu'au-dessous de $T_\lambda = 230°$ K les moments magnétiques des atomes de cuivre des chaînes K et K′ se couplent, à l'intérieur de ces chaînes, antiparallèlement les uns aux autres par l'intermédiaire des atomes d'oxygène.

Nous pouvons alors expliquer les propriétés magnétiques de CuO de la façon suivante : au-dessus de T_λ le réseau est de nature moléculaire, le caractère covalent des liaisons entre les atomes de cuivre et d'oxygène fait apparaître des groupements $(CuO)_2$, dont la proportion augmente quand la température diminue, les moments des deux atomes de cuivre de la « molécule double » se couplant entre eux suivant une direction quelconque, variant d'un groupe à un autre, d'où une susceptibilité présentant un maximum très aplati.

Au-dessous de T_λ apparaît une structure en chaînes, les moments des atomes de cuivre se couplant antiparallèlement le long d'une chaîne suivant une même direction Δ, la même pour toutes les chaînes. Il en résulte une baisse marquée de la susceptibilité. Lorsque le champ appliqué est perpendiculaire à Δ, la susceptibilité n'est pas indépendante de la température, elle croît quand la température s'abaisse de 100 à 4° K, cette remontée pouvant être également due en partie au fait que le produit utilisé ne répond vraisemblablement pas rigoureusement à la composition stœchiométrique.

De plus, on conçoit que la température T_λ de CuO se place à part dans la série des températures d'anomalie des oxydes bivalents de la famille du fer, le cuivre n'étant certainement pas à l'état ionisé Cu^{2+} au-dessus de T_λ.

MAGNÉTISME. — *Sur le comportement magnétique du sesquioxyde de titane entre* 300° K *et* 1700° K. Note (*) de MM. **Marc Foëx** et **Jules Wucher**, transmise par M. Gabriel Foëx.

Des mesures magnétiques récentes d'Adler et Selwood ([1]) sur Ti_2O_3 s'étendant de 83 à 350° K ont montré que le coefficient d'aimantation passe par un maximum peu accentué vers 250° K. Par des mesures dilatométriques et électriques, l'un de nous ([2]) a mis en évidence un point de transformation vers 473° K. A température ascendante on observe une contraction des échantillons de l'ordre de 0,5 %, cependant que la conductibilité électrique devient environ 10 fois plus grande. Signalons enfin des mesures de chaleur spéci-

([6]) *Phys. Rev.*, 94, 1954, p. 781.

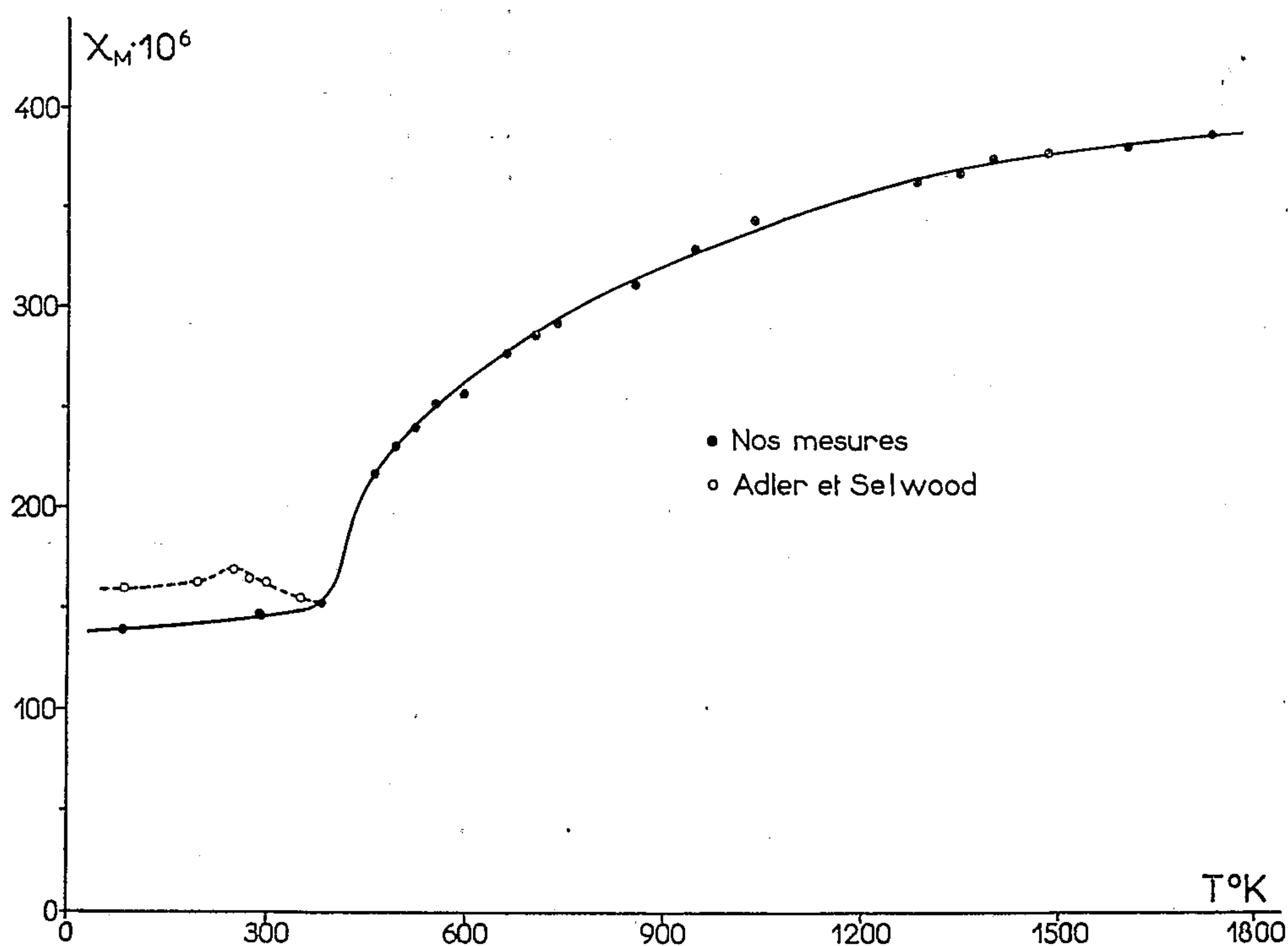
(*) Séance du 4 juillet 1955.

([1]) *J. Amer. Chem. Soc.*, 76, 1954, p. 346.

([2]) M. Foëx et J. Loriers, *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 901.

fique (³) mettant en évidence une faible chaleur de transformation (215 cal/mole) à 473 ± 20° K.

Nous avons étudié un sesquioxyde de titane préparé sous vide, au four solaire, en faisant réagir du titane métallique sur un oxyde de formule globale Ti_3O_5, obtenu lui-même par action de l'hydrogène sur le bioxyde. Le produit fondu, de couleur rouge, contient un léger excès d'oxygène (formule globale $Ti_2O_{3,05}$). La teneur en oxyde de fer de l'oxyde utilisé est de l'ordre de deux dix-millièmes. Un produit de formule globale $Ti_2O_{2,8}$, que nous avons également étudié possède des propriétés magnétiques voisines.



Nos mesures magnétiques couvrent l'intervalle de 300 à 1 700° K. La substance en expérience a été scellée sous vide dans une ampoule de silice fondue. Dans le tableau ci-dessous sont rassemblées les susceptibilités magnétiques par gramme de Ti_2O_3 aux diverses températures. Les mesures ont été effectuées dans trois champs et les valeurs du tableau sont des valeurs extrapolées, χ dépendant très faiblement du champ.

La dernière colonne contient la susceptibilité moléculaire χ_M, corrigée du diamagnétisme du reste de la molécule.

La figure ci-dessus, dans laquelle χ_M est portée en fonction de T, montre

(³) B. F. Naylor, *J. Amer. Chem. Soc.*, 68, 1948, p. 1077.

une croissance rapide de la susceptibilité au voisinage de 473° K, suivie d'une augmentation régulière à température ascendante.

Un essai d'interprétation de ce comportement magnétique de Ti_2O_3 sera publié prochainement.

T° K.	$\chi \cdot 10^6$.	$\chi_M \cdot 10^6$.	T° K.	$\chi \cdot 10^6$.	$\chi_M \cdot 10^6$.
291........	0,756	145,4	522,5......	1,410	239,4
382........	0,803	152,1	461,5......	1,250	216,4
493........	1,343	229,8	291........	0,766	146,8
552,5......	1,493	251,4	81........	0,713	139,2
597........	1,530	256,7	1283........	2,272	363,4
662........	1,669	276,7	1350........	2,302	367,7
738........	1,779	292,5	1401........	2,353	375,0
857........	1,911	311,5	1487........	2,372	377,8
946........	2,036	329,4	1608........	2,400	381,8
704,5......	1,734	286,0	1736........	2,434	386,7
1038........	2,133	343,4			

ÉLECTROMAGNÉTISME. — *Réflexion d'une onde électromagnétique plane sur un milieu ionisé.* Note de M. **Paul Poincelot**, présentée par M. Louis de Broglie.

Je considère une onde électromagnétique plane, de pulsation ω, qui se propage dans un milieu dont l'indice n varie avec l'altitude x suivant la loi

$$(1) \qquad \begin{cases} n = 1 & \text{pour } x < 0, \\ n = \sqrt{1 - \dfrac{\alpha x}{\omega^2}} & (x > 0). \end{cases}$$

α étant une constante proportionnelle à la densité électronique. On établit que les champs E et $\mathcal{H}$ satisfont aux relations suivantes, valables en u. é. m. C. G. S.

$$(2) \qquad \mathcal{H} = \frac{i}{\omega}\frac{dE}{dx},$$

$$(3) \qquad \frac{d^2E}{dx^2} - \frac{\omega^2}{c^2}\left(\frac{\alpha x}{\omega^2} - 1\right)E = 0$$

Or, on trouve (¹) la solution de l'équation

$$(4) \qquad \frac{d^2\varphi}{dz^2} + c^2 z^{2q-2}\varphi = 0$$

sous la forme

$$(5) \qquad \varphi = \sqrt{z}\, Z_{\frac{1}{2q}}\left(\frac{c}{q} z^q\right).$$

(¹) W. Magnus et Oberhettinger, *Formeln und Sätze für die speziellen Funktionen der mathematischen Physik*, Springer, 1948, 2ᵉ éd., p. 26, dernière formule; K. Försterling et H. Wüster, *Ann. Physik*, nᵒˢ 3-4, 1950, p. 129.

J'exprime la solution générale de ([3]), pour x positif, de la manière suivante :

$$(6)\quad E=\sqrt{\frac{\alpha x}{\omega^2}-1}\left\{A_1 H^{(1)}_{\frac{1}{3}}\left[e^{i\frac{\pi}{2}}\frac{2\omega^3}{3\alpha c}\left(\frac{\alpha x}{\omega^2}-1\right)^{\frac{3}{2}}\right]+A_2 H^{(2)}_{\frac{1}{3}}\left[e^{i\frac{\pi}{2}}\frac{2\omega^3}{3\alpha c}\left(\frac{\alpha x}{\omega^2}-1\right)^{\frac{3}{2}}\right]\right\},$$

où A_1 et A_2 sont deux constantes arbitraires, les radicaux étant réels pour

$$(7)\qquad \frac{\alpha x}{\omega^2}-1>0.$$

En remplaçant dans (6) les fonctions de Hankel par leurs développements asymptotiques, on trouve qu'à l'infini $H^{(1)}_{\frac{1}{3}}$ tend vers zéro et $H^{(2)}_{\frac{1}{3}}$ vers l'infini. Par suite, il convient d'annuler A_2 et d'écrire

$$(8)\qquad E=A\sqrt{\frac{\alpha x}{\omega^2}-1}\,H^{(1)}_{\frac{1}{3}}\left[e^{i\frac{\pi}{2}}\frac{2\omega^3}{3\alpha c}\left(\frac{\alpha x}{\omega^2}-1\right)^{\frac{3}{2}}\right],$$

$$(9)\qquad \mathcal{H}=\frac{i}{\omega}A\frac{d}{dx}\left\{\sqrt{\frac{\alpha x}{\omega^2}-1}\,H^{(1)}_{\frac{1}{3}}\left[e^{i\frac{\pi}{2}}\frac{2\omega^3}{3\alpha c}\left(\frac{\alpha x}{\omega^2}-1\right)^{\frac{3}{2}}\right]\right\}.$$

Bien que (8) et (9) fassent intervenir des fonctions polymorphes, elles sont uniformes, ainsi qu'on le constate en remplaçant la fonction $H^{(1)}_{\frac{1}{3}}$ par son expression en fonction de $J_{\frac{1}{3}}$ et de $J_{-\frac{1}{3}}$. Donc, pour $\alpha x/\omega^2-1<0$, les relation (8) et (9) deviennent

$$(10)\qquad E=iA\sqrt{1-\frac{\alpha x}{\omega^2}}\,H^{(1)}_{\frac{1}{3}}\left[\frac{2\omega^3}{3\alpha c}\left(1-\frac{\alpha x}{\omega^2}\right)^{\frac{3}{2}}\right],$$

$$(11)\qquad \mathcal{H}=-\frac{1}{\omega}A\frac{d}{dx}\left\{\sqrt{1-\frac{\alpha x}{\omega^2}}\,H^{(1)}_{\frac{1}{3}}\left[\frac{2\omega^3}{3\alpha c}\left(1-\frac{\alpha x}{\omega^2}\right)^{\frac{3}{2}}\right]\right\}.$$

Si je fais égal à 1 le champ électrique de l'onde incidente et si je désigne par ρ le coefficient complexe de réflexion, il vient, en exprimant la condition de continuité des champs :

$$(12)\qquad 1+\rho=iAH^{(1)}_{\frac{1}{3}}\left(\frac{2\omega^3}{3\alpha c}\right),$$

$$(13)\qquad 1-\rho=-\frac{c}{\omega}A\left\{\frac{d}{dx}\sqrt{1-\frac{\alpha x}{\omega^2}}\,H^{(1)}_{\frac{1}{3}}\left[\frac{2\omega^2}{3\alpha c}\left(1-\frac{\alpha x}{\omega^2}\right)^{\frac{3}{2}}\right]\right\}_{x=0}.$$

d'où

$$(14)\qquad \rho=\frac{H^{(1)}_{\frac{1}{3}}\left(\frac{2\omega^3}{3\alpha c}\right)-i\frac{c}{\omega}\left\{\frac{d}{dx}\sqrt{1-\frac{\alpha x}{\omega^2}}\,H^{(1)}_{\frac{1}{3}}\left[\frac{2\omega^3}{3\alpha c}\left(1-\frac{\alpha x}{\omega^2}\right)^{\frac{3}{2}}\right]\right\}_{x=0}}{H^{(1)}_{\frac{1}{3}}\left(\frac{2\omega^3}{3\alpha c}\right)+i\frac{c}{\omega}\left\{\frac{d}{dx}\sqrt{1-\frac{\alpha x}{\omega^2}}\,H^{(1)}_{\frac{1}{3}}\left[\frac{2\omega^3}{3\alpha c}\left(1-\frac{\alpha x}{\omega^2}\right)^{\frac{3}{2}}\right]\right\}_{x=0}}.$$

En supposant $2\omega^3/3\alpha c\gg 1$ et en remplaçant les fonctions de Hankel par

leurs expressions asymptotiques, on obtient :

$$\rho \sim i \frac{\alpha c}{2\omega^3} = \frac{i}{4\pi} \frac{\lambda}{h}, \qquad (15)$$

h étant la hauteur à laquelle l'indice s'annule.

ÉLECTRONIQUE. — *Les pertes d'énergie des électrons dans les films métalliques d'argent et d'or.* Note de M. **Bernard Gauthé**, présentée par M. Gaston Dupouy.

Avant de continuer l'étude des pertes d'énergie caractéristiques subies par les électrons au passage de pellicules solides minces, j'ai apporté quelques modifications au spectrographe électrostatique précédemment décrit (1).

Pour effectuer l'étalonnage je mesure maintenant la tension totale, fournie par une pile auxiliaire à grande capacité de 90 volts, aux bornes d'une boîte de résistances étalonnées à plots. Dans la haute tension générale d'alimentation, j'ai introduit un filtre supplémentaire à résistance-capacité afin de réduire l'ondulation résiduelle; l'amplitude de celle-ci est maintenant inférieure à 0,5 volt, pour un débit total de 30 μA.

Les lèvres de la fente sont constituées d'un alliage Cu-Ag à 50 %. Un nouveau porte-objet permet de changer commodément les échantillons. Enfin la caméra a été remplacée par un simple bloc porte-plaque surmonté de deux volets juxtaposés qui recouvrent chacun la moitié de la plaque; ces volets, commandés de l'extérieur, forment en même temps l'écran d'observation. On peut ainsi photographier, sur une même plaque, d'une part le spectre dû à la traversée de l'échantillon, et d'autre part les raies d'étalonnage.

Avec ces améliorations, j'obtiens couramment pour une tension d'accélération de 30 kV, une dispersion de 2,5 eV par millimètre; la largeur de raie correspondante est de 2,5 eV à mi-hauteur (*fig.* 1).

Tous les échantillons ont été obtenus par vaporisation thermique sur une face de clivage de sel gemme; la pellicule formée se détache facilement par immersion dans l'eau distillée; on la recueille sur une grille fine et l'on obtient ainsi des films sans support, suffisamment solides. La durée d'évaporation est un facteur important qui conditionne la cohésion et la continuité des couches déposées : une vaporisation rapide (10 à 20 sec) semble favoriser l'obtention de préparations résistantes. L'épaisseur des dépôts est estimée par calcul, à partir du poids de métal évaporé, compte tenu des paramètres géométriques; elle est de l'ordre de 300 Å pour tous les échantillons utilisés.

Deux facteurs limitent d'une façon générale la précision des résultats : d'une

(1) A. Septier, *Comptes rendus*, 239, 1954, p. 402; B. Gauthé, *Comptes rendus*, 239, 1954, p. 399.

part l'erreur commise sur la mesure de la tension d'étalonnage et d'autre part la difficulté de localiser avec exactitude les maxima des raies sur l'enregistrement photométrique (*fig.* 2); ce deuxième facteur, le plus important, provient de la largeur même des raies et de la pente du fond continu; celle-ci est en

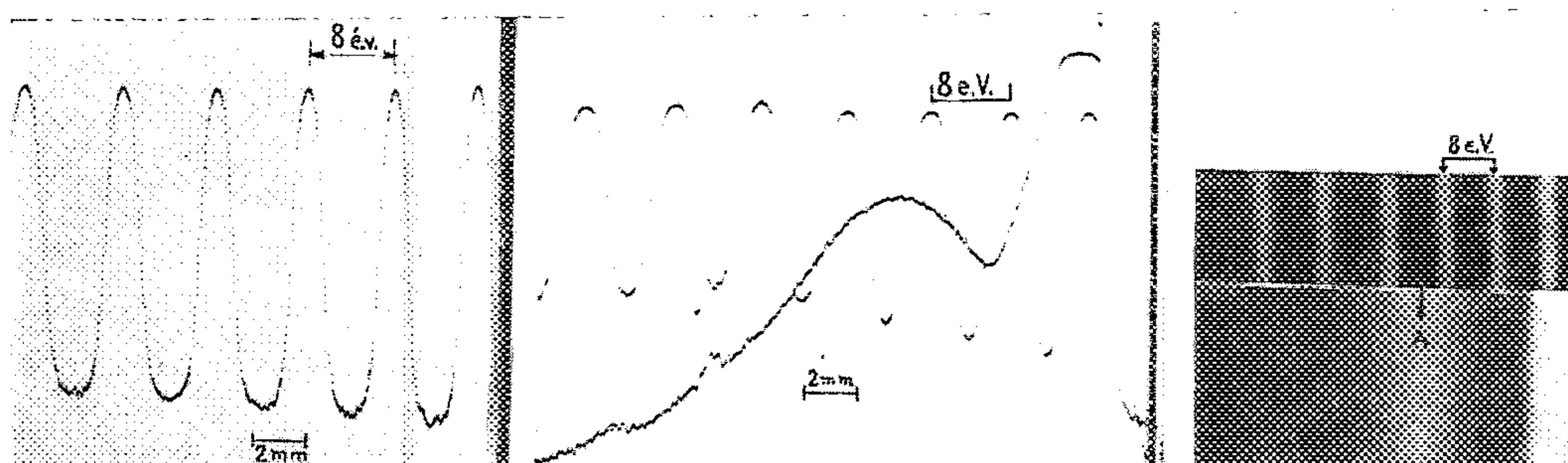


Fig. 1. Fig. 2. Fig. 3.

Fig. 2. — Spectre avec étalonnage superposé (Ag).

effet mal définie et la correction qu'elle entraîne sur la position des maxima n'est pas déterminée avec beaucoup de précision. Il semble donc probable qu'une partie des divergences expérimentales constatées entre différents auteurs provient des erreurs assez fortes qui s'attachent à ces mesures. Ici, l'erreur totale sur un « pointé » est de l'ordre de $\pm 1,5$ eV.

Voici les résultats obtenus avec des électrons de 30 KeV :

Argent.

Raie A (mal résolue)................	$5,7 \pm 1,2$ eV	
« B (large et diffuse, très intense)...	$22,1 \pm 0,6$	(moyenne de 6 clichés)
« C..............................	33 ± 3	
« D..............................	43 ± 3	

Or.

Raie A (mal résolue)................	$7,2 \pm 1,2$ eV	
« B (large et très intense)..........	$21,9 \pm 0,4$	(moyenne de 12 clichés)
« C..............................	31 ± 3	
« D..............................	$42,7 \pm 3$	

La formation éventuelle dans le spectrographe, sous l'action du faisceau électronique, d'une couche de contamination à la surface des échantillons ne semble pas perturber l'allure des phénomènes; en effet deux clichés pris avec un même échantillon d'or, l'un immédiatement, et l'autre après une heure de bombardement continu, n'ont pas révélé de différences significatives à la précision des mesures.

Sauf en ce qui concerne la raie A (qui n'est d'ailleurs pas visible sur tous les clichés) l'or et l'argent provoquent des ralentissements pratiquement identiques.

Ceci pourrait confirmer la théorie de D. Pines et D. Bohm (²); il est cependant difficile de donner une interprétation définitive de ces phénomènes, car la valeur des pertes d'énergie observées s'accorde mal avec les calculs.

Des études analogues sont en cours avec le béryllium; le cliché 3 montre l'un des premiers spectres obtenus. La raie marquée A correspond à 19,1 eV et l'enregistrement photométrique indique une seconde raie vers 37 eV.

SPECTROSCOPIE. — *Origine du spectre continu d'émission de l'acétone.* Note (*) de M. **Marc Fauris**, présentée par M. Jean Cabannes.

On étudie quantitativement la distribution d'intensité du spectre obtenu dans la décharge électrique.

Les spectres d'absorption et d'émission sont interprétés comme résultant d'une transition entre deux états électroniques du groupement $\rangle C=O$.

On confronte deux assignations qui ont été proposées pour les bandes d'absorption.

L'acétone possède un spectre continu d'absorption, caractéristique des composés contenant le groupement carbonyle $\rangle C=O$, et présentant un maximum vers 2 900 Å (¹).

Le spectre de fluorescence (²) comprend lui aussi une large bande continue ayant un maximum vers 4 300 Å.

Enfin le spectre excité par une décharge électrique est semblable à celui de fluorescence (³).

Il existe plusieurs interprétations du spectre d'émission. Lukey, Duncan et Noyes (²) partent du fait que les spectres d'absorption et d'émission ne se raccordent pas, et admettent l'existence de trois niveaux électroniques.

Par contre, H. Schüler (³) admet qu'il n'y a que deux niveaux, le décalage des spectres étant dû à un décalage des courbes de potentiel.

J'ai repris l'étude de l'émission par la méthode de Schuler, et j'ai déterminé photométriquement la distribution d'intensité dans le spectre (courbe I de la figure.) Cette étude montre que le continu se prolonge assez loin dans l'ultraviolet, jusqu'aux environs de 2 600 Å. De plus, le

(²) *Phys. Rev.*, 85, 1952, p. 338.

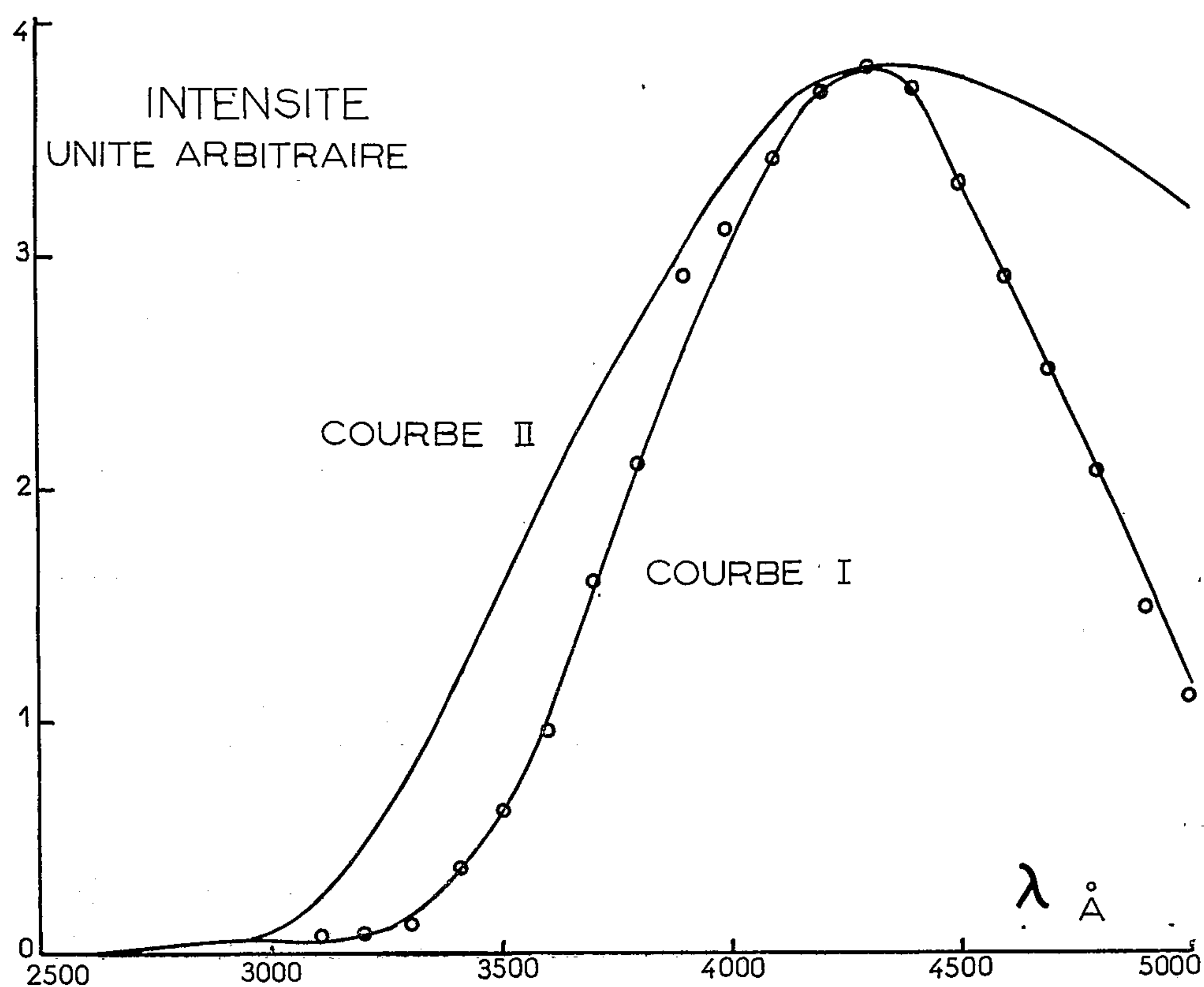
(*) Séance du 4 juillet 1955.

(¹) W. A. Noyes, A. B. F. Duncan et W. M. Manning, *J. Chem. Phys.*, 2, 1934, p. 717.

(²) E. J. Bowen et H. W. Thomson, *Nature*, 133, 1934, p. 571; G. W. Lukey, A. B. F. Duncan et W. A. Noyes, *J. Chem. Phys.*, 16, 1948, p. 407; W. E. Kaskan et A. B. F. Duncan, *J. Chem. Phys.*, 18, 1950, p. 427.

(³) *Phys. Z.*, 41, 1940, p. 381.

spectre obtenu présente, du côté des grandes longueurs d'onde, une structure, non signalée par Schüler, et identique à la structure de fluorescence ([2]). Ainsi est-il établi que le spectre de fluorescence est identique au spectre d'émission. Enfin, le raccordement entre les spectres d'absorption et d'émission suggère que l'on a affaire seulement à deux niveaux électroniques, comme le pensait Schüler.



1. L'hypothèse d'un oscillateur harmonique, développée par Taboury et ses collaborateurs ([4]), permet de représenter quantitativement aussi bien le spectre d'absorption que le spectre d'émission. Si l'on admet les constantes moléculaires :

$\omega'_e = 1710\ \text{cm}^{-1}$; $r'_e = 1,225$ Å au niveau inférieur;
$\omega''_e = 1220\ \text{cm}^{-1}$; $r''_e = 1,455$ Å au niveau supérieur,

on retrouve approximativement l'allure du spectre d'absorption entre 2 000 et 3 500 Å. Si l'on calcule l'intensité relative des bandes d'émission à l'aide des tables de D. R. Bates ([5]) donnant les probabilités de transition, on obtient la courbe II de la figure.

([4]) F. J. Taboury, *J. Chimie Phys.*, 47, 1950, p. 740; M. Lestrade, *Thèse*, Poitiers, 1952.
([5]) *Monthly Not. Roy. Astro. Soc.*, 112, 1952, p. 614.

Cette méthode présente pourtant des lacunes. En premier lieu, elle ne rend pas compte de la nature continue de l'émission, qui devrait procéder par bandes discrètes, peut-être élargies par les structures de rotation non résolues. Par contre, les structures multiples de vibration semblent résolubles, puisqu'on observe, du côté des grandes longueurs d'onde, des bandes distantes de 120 cm^{-1}. Enfin il est certain que l'oscillateur n'est harmonique qu'en toute première approximation.

2. L'hypothèse de base, suivant laquelle l'excitation du groupement $>C=O$ correspondrait à la rupture d'une des deux liaisons ([4]), est en contradiction avec l'assignation faite par Mc Murry et Mulliken ([6]). La transition d'un électron liant π correspond en effet à un saut énergétique beaucoup plus important que la transition d'un électron non liant 2 p de l'atome d'oxygène. La première transition devrait donc être associée à la bande d'absorption ultraviolette la plus lointaine, c'est-à-dire à la bande 1550 Å. D'autres arguments, comme l'effet de la conjugaison, l'analogie des liaisons $>C=O$ et $>C=C<$, et la comparaison des intensités confirment ce point de vue.

En conclusion, l'assignation de la bande 2 900 Å reste encore incertaine, mais l'utilisation de deux états électroniques du seul groupement diatomique $>C=O$, avec un décalage des courbes de potentiel, conduit à une bonne interprétation des résultats expérimentaux.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Transmission comparée des négatons et des positons par les feuilles métalliques minces, étudiée au moyen des émulsions nucléaires.* Note (*) de M. **Georges Marguin** et M[lle] **Monique Maitrot**, présentée par M. Louis de Broglie.

L'application de la technique des émulsions nucléaires à l'étude de l'absorption des électrons dans des lames de platine et d'aluminium a permis de mesurer des différences de limite d'absorption et de coefficient de transmission pour les éléments de nombre atomique élevé dans un domaine d'énergie de 100 à 150 keV.

Des expériences antérieures effectuées dans notre laboratoire ([1]) n'avaient pas montré de différence de comportement entre les négatons et les positons, dans leur passage à travers des feuilles de divers éléments

([6]) H. L. Mc Murry et R. S. Mulliken, *Proc. Nat. Acad. Scien.*, 26, 1940, p. 312; H. L. Mc Murry, *J. Chem. Phys.*, 9, 1941, p. 231-241.

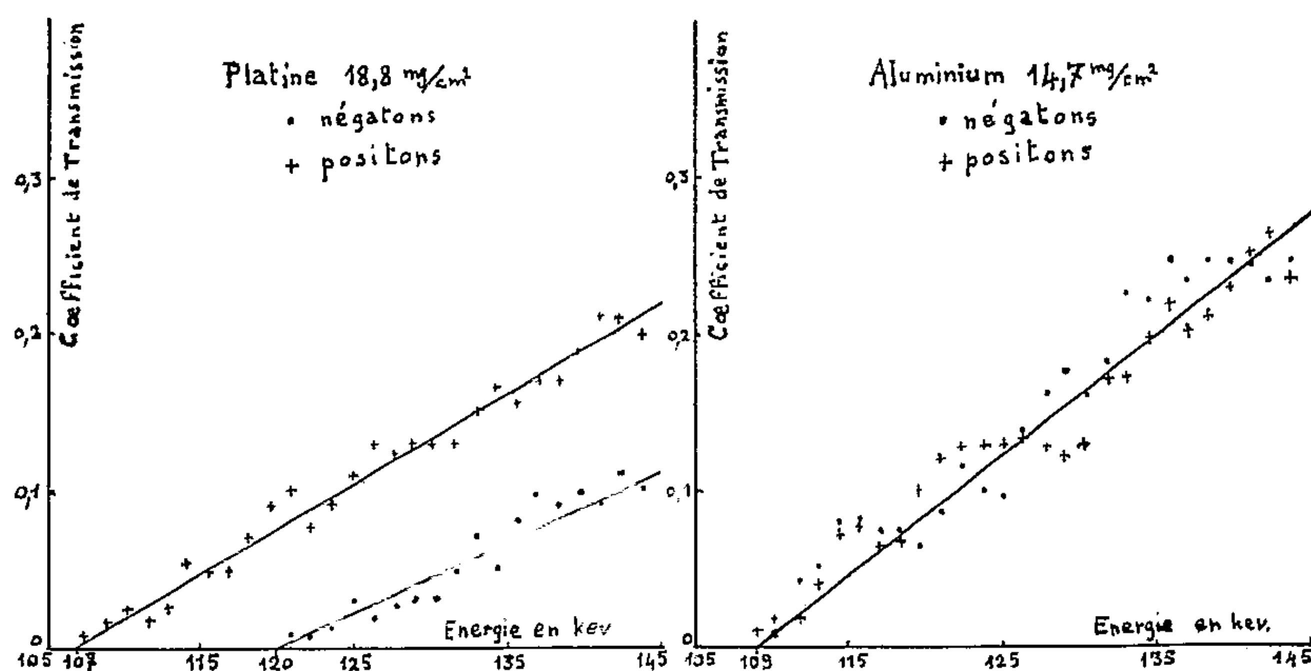
(*) Séance du 4 juillet 1955.

([1]) J. Thibaud et Dupré La Tour, *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 805.

métalliques. Des mesures obtenues par la technique d'un compteur de Geiger-Müller ([2]) ont mis en évidence une différence d'absorption dans le platine. La technique récente des émulsions nucléaires sensibles aux électrons ([3]) offrait une méthode intéressante pour reprendre cette étude avec plus de précision, dans le domaine des faibles énergies. La source de négatons utilisée, était formée par un dépôt de radium E sur une lame mince et étroite de nickel, donnant une activité de 1 mC d'un spectre continu de β^- sans émission γ. Celle de positons, constituée par évaporation d'une solution de chlorure de ^{22}Na sur une lame identique présentait une activité de 0,5 mC à longue période comprenant en plus d'un spectre continu β^+ un rayonnement γ indésirable. Ces deux sources étaient placées simultanément à l'intérieur d'un spectrographe magnétique en champ uniforme à 180°, sur un support mobile qui permettait de les intervertir rigoureusement d'une pose à la suivante. Ainsi l'émission γ du ^{22}Na produisait un fond parasite constant dans toutes les expériences, d'ailleurs fortement réduit par l'interposition de 15 cm de plomb entre les sources et la plaque nucléaire. La faible largeur des sources et l'ouverture du faisceau très réduite par des diaphragmes, donnaient une focalisation aussi bonne que possible, sur la moitié de la surface d'une plaque nucléaire, placée normalement aux électrons incidents. Des parois continues d'aluminium réduisaient la diffusion des électrons sur tout le parcours du faisceau. Pour accroître la précision relative des conditions expérimentales, toutes les précautions furent prises, pour que le passage d'un enregistrement de négatons à celui des positons de même énergie se fasse en intervertissant seulement la position des sources, les deux moitiés d'une même plaque, et en inversant l'orientation du spectrographe par rapport au champ magnétique. La partie non exposée de l'émulsion était protégée par une feuille épaisse de plomb et n'enregistrait ainsi qu'un faible fond parasite de densité pratiquement uniforme produit par les photoélectrons du ^{22}Na. Nous avons déterminé pour chaque source et pour le cas des faisceaux absorbés ou non par une lame métallique, le temps de pose optimum, donnant une densité de traces facile à exploiter. Avant chaque expérience, a été vérifiée la valeur du champ rémanent de l'électro-aimant, dont les fluctuations auraient pu modifier sensiblement la courbure magnétique des trajectoires dans ce domaine des faibles énergies. Les lames métalliques choisies de densité superficielle pratiquement équivalente, sont maintenues en contact avec la surface de l'émulsion, et nous exprimons le coefficient de transmission, par le rapport du nombre de traces transmises au nombre de traces enregistrées en l'absence d'absor-

([2]) C. H. Chang, C. S. Cook et H. Primakoff, *Phys. Rev.*, 90, 1953, p. 544.
([3]) G. Marguin, *J. Phys. Rad.*, 14, 1953, p. 43.

bant pendant la même durée de pose, en des points correspondants de deux émulsions identiques, et développées simultanément. Les coefficients de transmission ainsi déterminés pour les négatons et les positons se rapportent à la même région de la lame métallique. L'exploitation statistique des traces enregistrées nécessite l'adoption d'une règle de sélection précise. Seules sont dénombrées les traces d'électrons partant de la surface de l'émulsion, se terminant dans l'émulsion, dont le parcours correspond à l'énergie des électrons focalisés en ce point. Les amas de traces indiscernables, ainsi que les fragments séparés par une faible lacune sont comptés pour une seule trace. L'application de cette règle a permis à trois observateurs de trouver, pour une même plaque, des résultats en accord satisfaisant. Le facteur d'appréciation personnelle est réduit en prenant la moyenne des trois séries de comptages indépendants. Cette numération est effectuée avec un microscope à projection, par un dessin des traces sélectionnées, l'exploration de la plaque se faisant champ par champ, pour une ordonnée fixée et sur la même abscisse pour toutes les plaques. Le fond parasite est mesuré dans des régions non exposées aux faisceaux incidents et déduit des comptages précédents.



Les résultats actuellement obtenus concernent une lame de platine de 18,8 mg/cm² et une lame d'aluminium de 14,7 mg/cm². Les graphiques mettent en évidence, pour l'élément de nombre atomique élevé, une limite d'absorption pour les positons à 107 keV, inférieure de 13 keV à celle des négatons, tandis que pour l'élément léger la différence est peu appréciable. Ils montrent aussi que le coefficient de transmission des positons par le platine est nettement supérieur à celui des négatons de même énergie. Pour l'aluminium, ce même coefficient est très voisin pour les deux genres d'électrons, mais il est plus grand que celui correspondant à la lame de platine pratiquement équivalente.

Ces premiers résultats sont en accord avec ceux établis au moyen de compteurs de Geiger-Müller et ceux de travaux récents concernant l'absorption des électrons.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Étude, au moyen de la méthode des coïncidences β-e^-, de l'émission d'électrons accompagnant le rayonnement β^-.* Note (*) de M. **Maurice Duquesne**, présentée par M. Frédéric Joliot.

Une étude sur l'origine des coïncidences β-e^-, observables dans les désintégrations β^-, nous a conduit à séparer divers effets dont la rétrodiffusion et la diffusion β-e^- dans la matière même de la source et de son support ([1]), ([2]). Après avoir écarté ces phénomènes parasites, nous avons entrepris l'étude, par la méthode des coïncidences β-e^-, de la composante électronique résiduelle.

Cette étude est faite sur des émetteurs β purs (^{32}P, ^{35}S, ^{147}Pm, RaE) et dans deux dispositifs expérimentaux décrits par ailleurs ([3]) :

a. dispositif à compteurs Geiger-Müller mobiles et à fenêtres minces (120 μg/cm^2 seuil $\sim$ 7 keV);

b. dispositif à compteurs à scintillations avec cristaux d'anthracène de 2 mm d'épaisseur (seuil du sélecteur 8 keV).

La nature électronique du rayonnement en coïncidence avec le rayonnement β est mise en évidence par l'action d'un champ magnétique H entre la source et l'un des détecteurs-dispositifs (*a*) : le nombre de coïncidence N_c tend vers zéro quand H augmente.

L'étude de la distribution en énergie de ces électrons dans le dispositif (*b*) montre assez nettement qu'il s'agit d'un spectre continu [comparaison avec le spectre intégral des coïncidences α-e^- de l'ionium (68 keV)].

A cause de la très faible intensité du phénomène il est difficile d'obtenir des renseignements précis sur la liaison des rayons β avec ces électrons; toutefois nous avons pu montrer que pour ^{35}S nous obtenions la même valeur du rapport N_c/N_β pour $E_\beta \geqq 8$ keV et $E_\beta \geqq 40$ keV.

Ces données qualitatives acquises, il reste à définir quantitativement l'émission de ces e^-; nous le ferons en donnant :

1° la forme du spectre intégral (Log α en fonction de E), α étant la probabilité pour qu'un électron d'énergie supérieure à E soit émis simultanément avec le rayon β;

2° l'énergie maximum E_0 du spectre des électrons émis simultanément avec les rayons β; E_0 sera prise comme la valeur de E correspondant à $\alpha = 10^{-4}$;

(*) Séance du 4 juillet 1955.

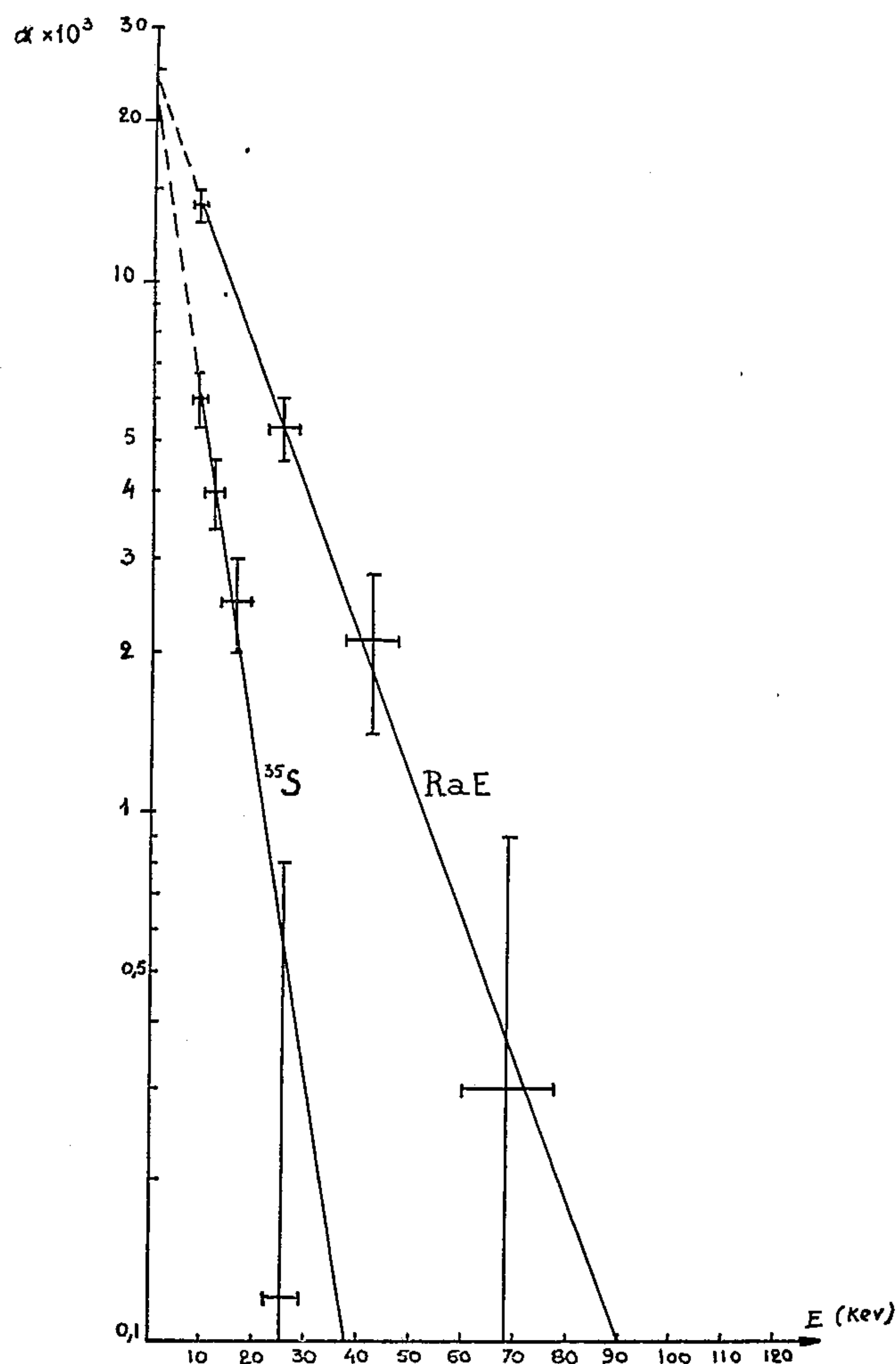
([1]) *Comptes rendus*, **236**, 1953, p. 598.

([2]) *Comptes rendus*, **239**, 1954, p. 1785.

([3]) M. Duquesne, *J. Phys. Rad.* (sous presse).

3° l'intensité I_0 du phénomène qui sera définie par la valeur de α pour $E=0$.

Nous donnons (*fig.* 1) le spectre intégral de la probabilité α pour les émetteurs ^{35}S et RaE; on obtient des spectres analogues pour ^{147}Pm et ^{32}P.



Les points expérimentaux se plaçant sensiblement sur une droite, ceci nous permet d'obtenir un ordre de grandeur de E_0 et de comparer E_0 en fonction du numéro atomique Z et de l'énergie maximum E_{max} du spectre β de chaque nuclide étudié.

Le tableau suivant résume les résultats obtenus :

Nuclides	^{32}P.	^{35}S.	^{147}Pm.	RaE.
Z	15	16	61	83
E_{max} (MeV)	1,7	0,176	0,227	1,17
E_0(KeV)	130 ± 20	38 ± 6	50 ± 10	90 ± 20

E_0 qui augmente avec E_{max} semble insensible aux variations de Z, par contre

l'intensité I_0, telle que nous la définissons, ne dépend pas fortement de Z et de E_{max}; sa valeur sensiblement constante ($I_0 \sim 25.10^{-3}$) est pourtant incertaine puisqu'elle repose sur l'hypothèse que le spectre intégral en dessous de $E = 10$ keV conserve la forme déterminée expérimentalement pour $E \geq 10$ keV.

La distribution en énergie que nous observons est en net désaccord avec la théorie de l'autoionisation ([4]) laquelle prévoit pour l'énergie moyenne des électrons émis, la valeur de l'énergie de liaison de la couche d'où ils proviennent.

Par contre l'intensité totale du phénomène est dans les ordres de grandeur fixés par la théorie $\left(I_0 = \sum_n P_n;\ P_K = 0{,}65/Z^2,\ P_L = 2{,}21/Z^2,\ P_M = 4{,}3/Z^2,\ \ldots\right)$.

Pour soutenir l'idée que les électrons observés sont ceux résultant de l'autoionisation, il faudrait admettre que la théorie qui donne une intensité et une forme de spectre correctes, est erronée dans le calcul de l'énergie des électrons émis.

En radioactivité α (^{210}Po), nous observons un accord avec la théorie non seulement pour l'intensité, mais aussi pour l'énergie des électrons émis ([5]).

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Étude du recul de* ^{62}Cu *obtenu par la réaction* ^{63}Cu$(\gamma, n)^{62}$Cu. *Application à la préparation de* ^{62}Cu *sans entraîneur*. Note de MM. **Pierre Süe** et **Jules Pauly**, présentée par M. Frédéric Joliot.

^{62}Cu est préparé sans entraîneur en irradiant avec des rayons γ Cu métallique, ou un de ses sels, finement pulvérisé mélangé à une poudre servant de récepteur des noyaux de recul. Les deux produits sont séparés, et ^{62}Cu est isolé du récepteur avec un rendement pouvant atteindre 39 %. La portée du recul est de 0,26 μ avec SO_4Cu, 5 H_2O et de 0,06 μ avec de la poudre de cuivre.

Dans une Note précédente ([1]) nous avons décrit un procédé de préparation de ^{30}P sans entraîneur, consistant à irradier une suspension de P rouge dans de la tétraline et à recueillir dans la phase liquide le radioélément projeté à la suite de la réaction nucléaire. D'autre part ([2]), le recul des noyaux ^{35}S et ^{32}P produits par irradiation du soufre aux neutrons a été étudié et une méthode simple pour préparer ^{32}P pur a été décrite. Ce même radioélément a également été obtenu par recul lors de l'irradiation du chlore aux neutrons rapides ([3]).

([4]) A. Migdal, *J. Phys. U. R. S. S.*, 4, 1941, p. 449; J. S. Levinger, *Phys. Rev.*, 90, 1953, p. 11.

([5]) *Comptes rendus*, 241, 1955, p. 36.

([1]) J. Pauly et P. Süe, *Comptes rendus*, 240, 1955, p. 2226.

([2]) J. Pauly, *Comptes rendus*, 250, 1955, p. 2415.

([3]) P. Süe, *J. Phys. et Rad.* (sous presse).

Afin d'étendre ce procédé nous nous proposons maintenant de préparer l'isotope ^{62}Cu de période 9,8 mn par la réaction $^{63}Cu(\gamma, n)^{62}Cu$.

Au cours d'une première expérience, le mode opératoire qui avait permis de préparer ^{30}P a été utilisé à nouveau. Pour cela SCu finement broyé dans la tétraline est irradié au bétatron de Villejuif, puis la suspension est filtrée et l'activité de la phase liquide est mesurée et comparée à l'activité totale. Les rendements obtenus sont très petits (inférieurs à 1 %), résultat qui peut sans doute s'interpréter en admettant que les atomes projetés par recul ne peuvent être retenus par la tétraline et retournent se fixer à la surface des grains de sulfure.

Nous avons utilisé ensuite un mélange de deux poudres solides, de solubilités différentes, dont l'une servant de cible, contient le cuivre subissant la réaction (γ, n) et dont l'autre joue le rôle de récepteur.

Du sulfate de cuivre hydraté a été broyé pendant plusieurs jours par des billes de verre, en présence d'alcool, avec cinq fois son poids de CO_3Ca de façon à obtenir une poudre fine constituée par des grains de rayon $r = 0{,}5\ \mu$. De ce mélange des échantillons contenant 10 mg de Cu sont prélevés, ils sont irradiés 5 mn avec des photons d'énergie maximum 23 MeV; l'activité totale en ^{62}Cu étant alors de l'ordre de 2500 impulsions par minute. La poudre est traitée ensuite par une solution de $CO_3(NH_4)_2$, afin de dissoudre $SO_4Cu, 5\ H_2O$ et après filtration Cu est précipité à l'état de sulfure. Le CO_3Ca résiduel contenant ^{62}Cu de recul est dissous par HCl, puis après addition d'entraîneur on précipite le sulfure. L'activité des deux échantillons est suivie en fonction du temps, et le rendement (R) de l'extraction du radioélément est déduit. Les résultats obtenus montrent que $R = 39\ \%$, valeur qui permet de calculer les portées des trajectoires de recul : $p = 4\,rR/3 = 0{,}26\ \mu$.

Toujours sur ce même mélange on a essayé d'isoler le radiocuivre sans addition d'entraîneur. Pour cela CO_3Ca après filtration est traité par la quantité exacte de SO_4H_2 nécessaire pour former SO_4Ca. Après addition d'un excès d'alcool éthylique, le précipité est filtré et le radiocuivre pur est obtenu dans le filtrat avec un rendement final de 27 %.

D'autres expériences ont été faites en utilisant comme cible du cuivre finement divisé. Des particules de rayon $r = 1{,}25\ \mu$ sont obtenues en agitant du cuivre en poudre avec des billes de verre en présence d'un sel facilement pulvérisable : ClNa ou $Cl_2Ba, 2H_2O$, qui sert en même temps de récepteur. Après une semaine de broyage le mélange est irradié comme précédemment, puis le sel est dissous dans l'eau et après filtration ^{62}Cu séparé par recul est isolé. Les mesures d'activité permettent de déduire le rendement de l'extraction, $R = 3{,}5\ \%$, qui correspond à une portée $p = 0{,}06\ \mu$. Cette valeur beaucoup plus faible que celle obtenue précédemment pour $SO_4Cu, 5H_2O$ ($p = 0{,}26\ \mu$) s'explique en tenant compte de la différence de densité des deux cibles. Expri-

mées en microgrammes par cm^2 (parcours $\times$ densité), les portées sont en effet voisines : 53 $\mu g/cm^2$ pour Cu et 59 $\mu g/cm^2$ pour $SO_4Cu, 5H_2O$.

L'énergie maximum (E_{max}) des particules de recul a été calculée pour des photons de 23 MeV. Elle est de 0,256 MeV, valeur plus faible que celle ($E_{max} = 0,495$ MeV) obtenue précédemment pour la réaction $^{31}P(\gamma, n)^{30}P$. Il est remarquable que malgré cette différence importante des énergies de recul, les valeurs des portées soient voisines dans les deux cas.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Étude cryoscopique de solutions de pyrrole dans le cyclohexane. Formation de polymères.* Note de Mlle **Marie-Louise Josien**, MM. **Marcel Paty** et **Paul Pineau**, présentée par M. Marcel Delépine.

Une étude cryoscopique de solutions de pyrrole dans le cyclohexane semble permettre de conclure à l'existence de polymères.

Les modes d'association moléculaire du pyrrole ont été envisagés récemment à plusieurs reprises. Les spectres infrarouge de solutions moyennement concentrées dans le tétrachlorure de carbone présentent deux bandes dues à la vibration de valence NH; la seconde, plus large et de fréquence inférieure, a été attribuée soit à des liaisons hydrogène du type N-H...N (1), (2), (3), soit à la formation de dimères par dipôles antiparallèles (4).

Prigogine (5), étudiant la variation des abaissements cryoscopiques en fonction des concentrations C, classe les associations moléculaires en « complexes associés » dimères : $M + M \rightleftharpoons M_2 (a)$ et « complexes associés » polymères : $M_n + M \rightleftharpoons M_{n+1} (b)$. Si χ désigne le degré moyen d'association (nombre de molécules dissoutes/nombre total de « complexes associés » et de molécules monomères), les constantes des équilibres (*a*) et (*b*) sont données par les expressions : $K_2 = (1 - 1/\chi)/(2/\chi - 1)^2 C$ pour (*a*) et $K' = \chi(\chi - 1)/C$ pour (*b*)

Ces calculs, appliqués aux solutions d'alcool benzylique dans le nitrobenzène, donnent pour K' une valeur bien constante, alors que K_2 varie systématiquement; pour l'acide phénylacétique dans le même solvant, seule la valeur de K_2 est constante (5). Ces résultats confirment la formation bien connue de polymères alcooliques et de dimères carboxyliques.

(1) Fuson, Josien, Powell et Utterback, *J. Chem. Phys.*, 20, 1952, p. 145; Josien et Fuson, *Ibid.*, 22, 1954, p. 1169 et 1264.

(2) Mirone, *Atti Acad. Lincei*, *Classe di Sc. Fis. Mat. Nat.*, 11, 1951, p. 365.

(3) Mirone et Vampiri, *Ibid.*, 12, 1952, p. 405.

(4) Tuomikoski, *Suomen Kemistilehti*, B 23, 1950, p. 44 (*Chem. Abstracts*, 45, 1951, p. 38); *J. Chem. Phys.*, 20, 1952, p. 1054; *J. Phys. Rad.*, 15, 1954, p. 318; *J. Chem. Phys.*, 22, 1954, p. 2096; *J. Phys. Rad.*, 16, 1954, p. 347.

(5) Prigogine et Defay, *Thermodynamique Chimique*, Desoer, 2e éd., 1950, p. 454.

Ceci nous a incités à faire l'étude cryoscopique des solutions de pyrrole dans le cyclohexane, solvant non polaire.

Les températures ont été mesurées avec un thermomètre de Roberteau au 1/100e de degré, en vase clos, l'agitation étant assurée par un dispositif qui sera décrit ultérieurement. Pour des concentrations moyennes, l'erreur relative sur χ est de l'ordre de 1/100e.

Une étude préliminaire sur le naphtalène, le mésitylène, le phénanthrène et le phénol a montré, conformément aux prévisions, que les solutions des trois premiers sont pratiquement idéales pour des fractions molaires N inférieures à 20/1000; alors que les propriétés cryoscopiques des solutions de phénol dans le cyclohexane confirment encore l'existence de complexes polymères ([6]).

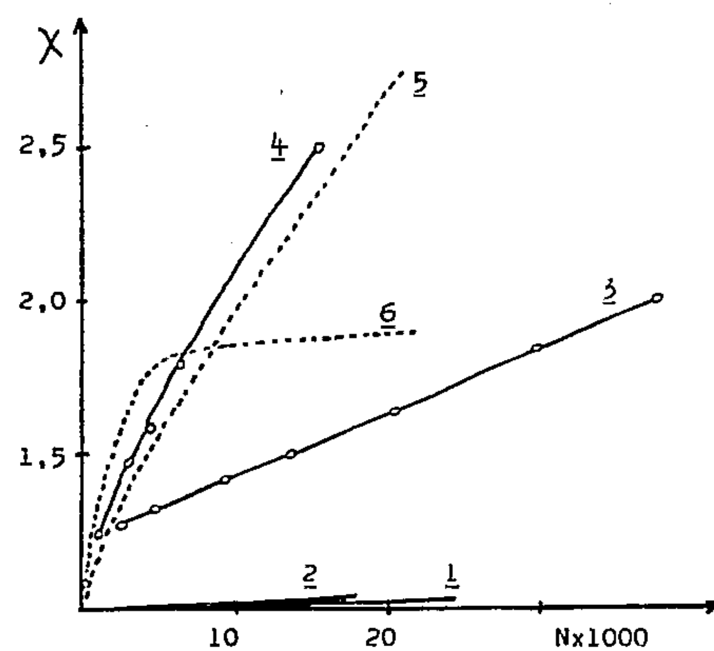


Fig. 1.

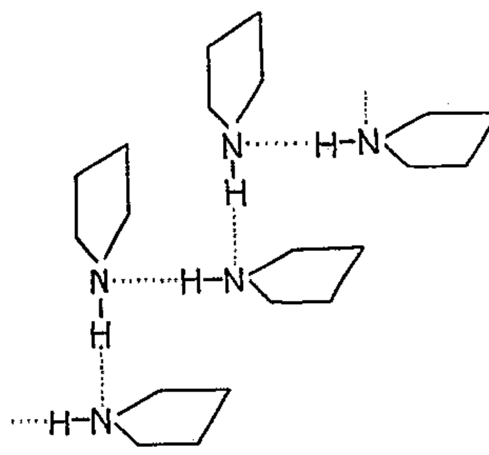


Fig. 2.

Fig. 1. — 1, naphtalène et mésitylène dans C_6H_{12} (courbes confondues). 2, phénanthrène dans C_6H_{12}. 3, pyrrole dans C_6H_{12}. 4, phénol dans C_6H_{12}. 5, phénol dans CCl_4 à — 24°, résultats I. R. d'après Mecke ([6]), courbe caractéristique d'un polymère. 6, acide phénylacétique dans C_6H_6 d'après Prigogine ([5]) courbe caractéristique d'un dimère.

Fig. 2, d'après Mirone ([3]).

Les résultats que nous avons ensuite obtenus avec les solutions de pyrrole sont consignés dans le tableau et la figure 1.

Pyrrole.					Phénol.				
N × 1000.	T — T₀.	χ.	$K_2/10$.	$K'/10$.	N × 1000.	T — T₀.	χ.	$K_2/10$.	$K'/10$.
4,6	0,865	1,31	18,3	(9,80) (*)	0,93	0,185	1,24	55,0	(32,0) (*)
9,4	1,670	1,40	16,4	5,95	3,1	0,525	1,47	78,7	22,3
13,8	2,305	1,49	20,5	5,30	4,3	0,675	1,58	79,0	21,3
20,5	3,135	1,63	31,4	5,00	6,2	0,865	1,79	510	22,8
30,0	4,065	1,83	186	5,05	15,6	1,535	2,52	(**)	24,4
37,4	4,670	2,00	∞	5,35					

(*) Les valeurs entre parenthèses sont certainement entachées d'une erreur importante, en raison de l'incertitude des mesures de N et de $T - T_0$ pour des solutions très diluées.

(**) Pour χ plus grand que 2, l'expression K_2 n'a plus de sens.

([6]) MECKE, *Discussions of the Faraday Society*, n° 9, 1950, p. 161.

La comparaison des différents résultats conduit à penser que les solutions de pyrrole et de phénol se comportent d'une façon tout à fait analogue. L'association des molécules de pyrrole ne s'arrête pas au dimère, mais aboutit à des complexes polymères; par suite il devient difficile d'interpréter ce phénomène sans admettre la formation de liaisons hydrogène.

Cette dernière hypothèse, si l'on accepte le schéma suggéré par Mirone (*fig.* 2), permet d'ailleurs de rendre compte du sens de la variation de la constante diélectrique du pyrrole avec la température ([4]), comme aussi de la position du point correspondant au pyrrole dans le schéma de Kumler ([4]), ([7]) : dans un polymère en chaîne mettant en jeu une fonction phénol ou une fonction alcool, les dipôles OH peuvent s'aligner, il n'en est plus de même pour le pyrrole où l'atome d'azote fait partie d'un cycle.

ÉLECTROCHIMIE. — *Calcul du potentiel électrique au voisinage d'une molécule dipolaire entourée d'ions.* Note (*) de MM. **Jacques-Émile Dubois** et **Josef Barthel**, présentée par M. Francis Perrin.

L'expression générale qui est démontrée ici permet l'étude du comportement d'un dipôle réel ainsi que de dipôles placés dans certaines positions à l'intérieur de la sphère (K) moléculaire. On en déduit facilement l'expression particulière du « dipôle point » calculée par Amis et Jaffé pour les problèmes de cinétique chimique.

Le calcul de la constante de vitesse d'une réaction en phase liquide selon la théorie actuelle de Brönsted-Christiansen-Scatchard-Amis ne peut être effectué que si l'on connaît le potentiel électrique au voisinage des molécules réagissantes.

Le potentiel peut être calculé sous certaines conditions et pour des ions grâce à la théorie des électrolytes de Debye-Hückel ([1]) dont les hypothèses peuvent être utilisées pour le cas plus général d'une distribution quelconque des charges à l'intérieur d'une molécule ([2]).

Dans cette Note, nous calculerons le potentiel pour un dipôle entouré d'ions car cette image est celle qu'on utilise pour la représentation de l'attaque d'une molécule dipôlaire par un ion.

Les hypothèses physiques sont les suivantes : les ions sont assimilés à des charges ponctuelles, le milieu est homogène et de constante diélectrique D, la molécule polaire est représentée par une sphère (K) de rayon a contenant un dipôle de moment m, le centre de la sphère coïncide avec l'origine d'un système

([7]) *J. Amer. Chem. Soc.*, 57, 1935, p. 600.

(*) Séance du 4 juillet 1955.

([1]) *Physik. Z.*, 24, 1923, p. 185.

([2]) Kirkwood, *J. Chem. Phys.*, 2, 1934, p. 351.

de coordonées dont l'axe z porte le dipôle, ce qui implique une symétrie axiale. La concentration des dipôles dans le milieu est assez faible pour que leurs interactions mutuelles soient négligeables. Il y a en solution S sortes d'ions de concentrations n_i exprimée par centimètre cube et de valence z_i.

Avec ces hypothèses le potentiel électrique peut être exprimé par les équations

$$\Delta\psi_1 = 0 \quad (r \leqq a) \qquad \Delta\psi_2 = -\frac{4\pi}{D}\rho \quad (r \geqq a).$$

D'après le principe de Boltzmann, la densité de charge électrique s'exprime comme suit : $\rho = \varepsilon \sum_{i=1}^{S} n_i z_i \exp[-\varepsilon z_i \psi_2 / kT]$.

En tenant compte de l'électroneutralité de la solution et du fait que $\varepsilon z_i \psi_2 \ll kT$ on obtient avec une bonne approximation :

$$\rho = -\frac{D}{4\pi} \varkappa^2 \psi_2 \qquad \text{avec} \quad \varkappa^2 = \frac{4\pi\varepsilon^2}{DkT} \sum_{i=1}^{S} n_i z_i^2,$$

où k, constante de Boltzmann; ε, charge élémentaire; T, température absolue.

La séparation des variables $\psi_{1,2} = R_{1,2}(r)\,\theta_{1,2}(\vartheta)\,\Phi_{1,2}(\varphi)$ pour les équations

$$(1) \qquad \Delta\psi_1 = 0,$$

$$(2) \qquad \Delta\psi_2 = \varkappa^2 \psi_2.$$

conduit aux intégrales

$$(3) \qquad \psi_1 = \sum_{l=0}^{\infty} \left[\alpha_l r^l + \frac{\beta_l}{r^{l+1}} \right] P_l(\cos\theta),$$

$$(4) \qquad \psi_2 = \sum_{l=0}^{\infty} \left[\gamma_l e^{\varkappa r} \sum_{n=0}^{l} \frac{A_n}{r^{n+1}} + \delta_l e^{-\varkappa r} \sum_{n=0}^{l} \frac{B_n}{r^{n+1}} \right] P_l(\cos\theta),$$

avec

$$[n(n+1) - l(l+1)]A_n - 2\varkappa A_{n+1} = 0; \qquad [n(n+1) - l(l+1)]B_n + 2\varkappa B_{n+1} = 0.$$

En tenant compte des valeurs aux limites du problème

$$(5a) \qquad \lim_{r \to \infty} \psi_2 = 0,$$

$$(5b) \qquad \lim_{a \to \infty} \psi_1 = \Omega(r, \theta),$$

$$(5c) \qquad (\psi_1)_{r=a} = (\psi_2)_{r=a},$$

$$(5d) \qquad \left(\frac{\partial\psi_1}{\partial r}\right)_{r=a} = D\left(\frac{\partial\psi_2}{\partial r}\right)_{r=a}$$

on détermine les constantes α_l, β_l, γ_l, δ_l de (3) et (4).

L'expression $\Omega(r, \theta)$ figurant dans l'expression (5*b*) constitue le développement en série du potentiel d'une distribution de charges situées sur l'axe z.

Avec cette expression, différentes configurations peuvent être étudiées, mais nous n'envisagerons ici que le cas d'un dipôle réel dont le milieu coïncide avec l'origine d'un système de coordonnées. Les charges $+e$ et $-e$ sont situées à une distance $2s$ l'une de l'autre.

On a dans ce cas

$$\Omega(r, \vartheta) = \frac{m}{r^2}\sum_{l=0}^{\infty}\sigma_l\left(\frac{s}{r}\right)^{l-1}P_l(\cos\vartheta), \qquad \text{où} \quad \sigma_l\begin{cases} = 1 & \text{si } l \text{ est un nombre impair,} \\ = 0 & \text{si } l \text{ est un nombre pair.}\end{cases}$$

Il s'ensuit

$$\alpha_l = \sigma_l m \frac{s^{l-1}}{a^{2l+1}}\frac{Y_l}{X_l}, \qquad \beta_l = \sigma_l m s^{l-1},$$

$$\gamma_l = 0, \qquad \delta_l = \sigma_l m s^{l-1}(2l+1)\frac{e^{\varkappa a}}{X_l};$$

où

$$X_l = \sum_{n=0}^{l}[(n+1+\varkappa a)D + l]\,a^{l-n}B_n; \qquad Y_l = -\sum_{n=0}^{l}[(n+1+\varkappa a)D - (l+1)]\,a^{l-n}B_n.$$

On obtient les expressions finales suivantes :

$$(6) \qquad \psi_1 = \sum_{l=0}^{\infty}\sigma_l m s^{l-1}\left[\frac{Y_l}{X_l}\frac{r^l}{a^{2l+1}} + \frac{1}{r^{l+1}}\right]P_l(\cos\vartheta),$$

$$(7) \qquad \psi_2 = \sum_{l=0}^{\infty}\sigma_l m s^{l-1}(2l+1)\frac{e^{(a-r)\varkappa}}{X_l}\sum_{n=0}^{l}\frac{B_n}{r^{n+1}}P_l(\cos\vartheta).$$

En limitant les développements (6) et (7) chacun au premier terme non nul ($l=1$) on obtient les équations dérivées pour un « dipôle point » ($s \to 0$) par Amis et Jaffé ([3]) pour leur étude cinétique théorique de la « réaction dipôle-ion »

$$\psi_1^{(1)} = m\left[-\frac{D(2+2\varkappa a+\varkappa^2a^2) - 2(1+\varkappa a)}{D(2+2\varkappa a+\varkappa^2a^2) + (1+\varkappa a)}\frac{r}{a^3} + \frac{1}{r^2}\right]\cos\vartheta,$$

$$\psi_2^{(1)} = m\frac{3e^{\varkappa(a-r)}(1+\varkappa r)}{D(2+2\varkappa a+\varkappa^2a^2) + (1+\varkappa a)}\frac{1}{r^2}\cos\vartheta.$$

En résumé, les expressions (3) et (4) ont l'avantage sur celles du dipôle point de permettre l'étude d'un dipôle réel [*voir* équations (6) et (7)]. Elles sont utilisables pour d'autres localisations des charges à l'intérieur de la sphère (K).

([3]) *J. Chem. Phys.*, 10, 1942, p. 398.

MÉTALLOGRAPHIE. — *Sur la préparation à l'état polygonisé d'éprouvettes polycristallines de fers de différentes puretés.* Note (*) de M. **Jean Montuelle**, présentée par M. Georges Chaudron.

On sait que la méthode d'Edwards et Pfeil ([1]) de préparation de monocristaux de fer de pureté technique fait intervenir un premier chauffage d'homogénéisation et de purification d'une quinzaine d'heures au-dessus de la température de transformation $\alpha \rightarrow \gamma$ (point A_3), puis un écrouissage de 3 % par traction, dit «écrouissage critique» et enfin un recuit de recristallisation d'une durée de 70 h environ à une température légèrement inférieure à celle du point A_3.

Pour le premier recuit de purification, nous avons utilisé le déplacement à vitesse uniforme le long de l'éprouvette, d'un four présentant un gradient de température élevé. Les éprouvettes soumises à ce traitement thermique sont polies électrolytiquement et attaquées longuement dans une solution alcoolique

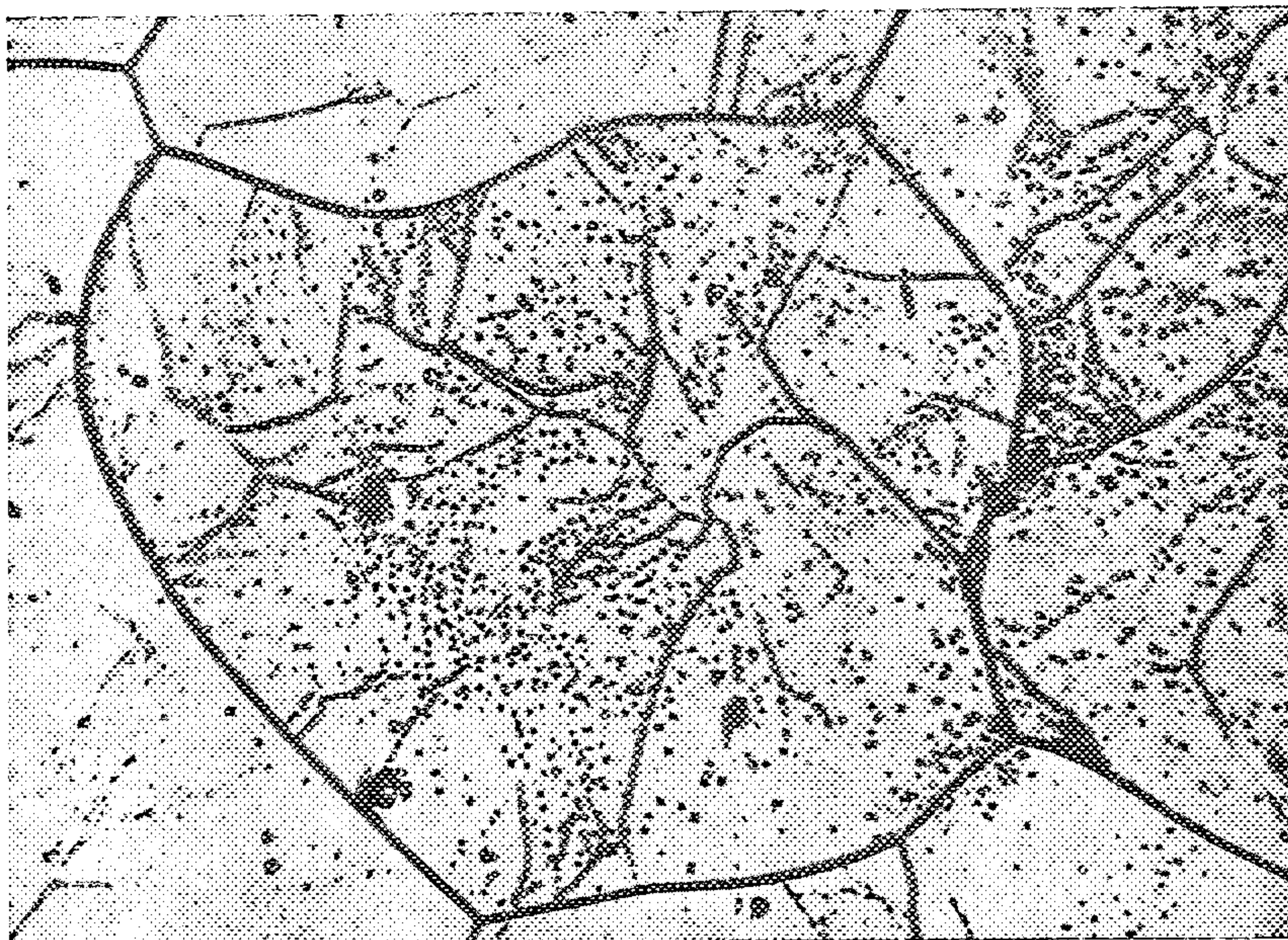


Fig. 1. — Polycristaux polygonisés de fer de pureté technique G : 640.

saturée d'acide picrique. Nous avons constaté un fait important : l'ensemble des cristaux de ces éprouvettes présentent la sous-structure caractéristique de la polygonisation (*fig.* 1). Cette observation nous a conduit à mettre au point

(*) Séance du 4 juillet 1955.

([1]) *J. Iron Steel Inst.*, 109, 1924, p. 129; 112, 1925, p. 79.

une méthode tout à fait reproductible de préparation d'échantillons polycristallins et polygonisés à partir de fers de différentes puretés. Les recuits sont effectués dans un courant d'hydrogène pur et sec. Le four, très court, est maintenu sur une longueur de quelque centimètres, à la température de 950° C. Les vitesses de déplacement que nous avons utilisées sont comprises entre 2 mm/h et 2,5 m/h.

L'apparition de la sous-structure est provoquée par l'existence de tensions dans la partie de la zone A (*fig.* 2) qui se trouve à une température très proche de la température de transformation allotropique $\gamma \rightarrow \alpha$. Dans le cas du fer très pur préparé au laboratoire de Vitry, le passage du point de transformation

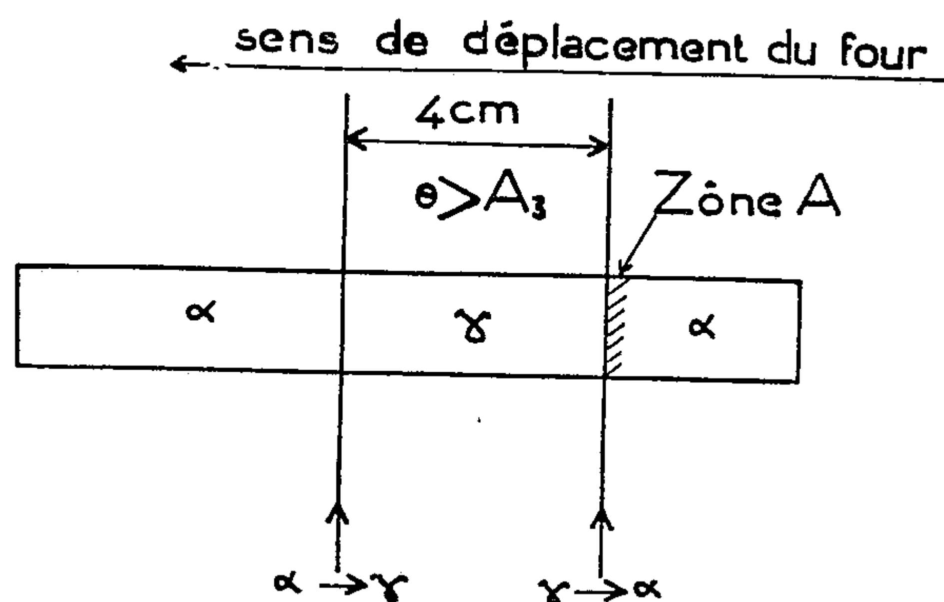


Fig. 2. — Représentation schématique de la méthode de polygonisation par changement de phase.

est toujours accompagné de l'apparition généralisée de la polygonisation, même si l'on n'utilise pas le déplacement uniforme du front de transformation $\gamma \rightarrow \alpha$. Enfin, une éprouvette de fer technique, ayant 0,1 mm d'épaisseur et purifiée de ses impuretés métalloïdiques par un recuit prolongé dans l'hydrogène pur, a un comportement analogue à celui du fer pur du point de vue de l'apparition de la sous-structure par simple changement de phase.

Ces observations montrent que l'aptitude à la polygonisation est bien sous la dépendance directe de la pureté du métal étudié ([2]).

CHIMIE ORGANIQUE. — *Butyrolactones α.α.β-trisubstituées : α.α-diméthyl β-(méthoxy-6 naphtyl-2) butyrolactone*. Note (*) de M. **Alain Horeau**, présentée par M. Marcel Delépine.

En vue de préparer des stéroïdes dans lesquels le noyau D est remplacé par un noyau lactonique à cinq éléments, comme dans la formule (I), et qui

([2]) J. Talbot, C. de Beaulieu, et G. Chaudron, *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 2162.

(*) Séance du 11 juillet 1955.

présentent certaines analogies avec les œstrolactones ([1]), ([2]), ([3]) nous avons tout d'abord étudié plusieurs procédés différents permettant l'accès à des butyrolactones-α.α.β trisubstituées (VI).

Ces procédés aboutissent tous à des acides-aldéhydes (III) intermédiaires, et qui existent en réalité sous forme d'hydroxylactones (IV).

Ces hydroxylactones, solubles dans les alcalis, sont hydrogénées facilement en présence de nickel Raney ([4]) et conduisent à des acides-alcools V, dont la lactonisation est aisée. Nous avons ainsi préparé :

L'α.α-diméthyl β-phénylbutyrolactone, F 91-92°; $C_{12}H_{14}O_2$, trouvé %, C 75,9; H 7,4; calculé %, C 75,8; H 7,4.

L'α.α-diméthyl β-anisylbutyrolactone, F 127,5-127,5°; $C_{13}H_{16}O_3$, trouvé %, C 70,9; H 7,3; calculé %, C 70,9; H 7,3.

L'α.α-diméthyl β-(tétrahydro-1.2.3.4 naphtyl-6) butyrolactone F 76°,5; $C_{16}H_{20}O_3$, trouvé %, C 78,8; H 8,2; calculé %, C 78,7; H 8,3.

L'α.α-diméthyl β-(méthoxy-6-naphtyl-2) butyrolactone VII F 152°; $C_{17}H_{18}O_3$, trouvé %, C 75,5; H 6,7; calculé %, C 75,5; H 6,7.

La préparation des acides-aldéhydes intermédiaires (III) a été effectuée par les trois procédés nouveaux suivants :

Premier procédé. — Nous avons constaté que l'action des peracides (perbenzoïque, peracétique, performique) sur les acides ou les esters éthyléniques (IX) peut fournir, dans certains cas directement, les hydroxylactones (IV); c'est ainsi que l'action de l'acide performique sur l'acide diméthylphénylvinylacétique fournit, après simple dilution, avec un rendement 60 % une α.α-diméthyl β-phényl γ-hydroxybutyrolactone : F 131° déjà obtenue par Blaise ([5]) à partir du même acide, par une voie beaucoup plus longue;

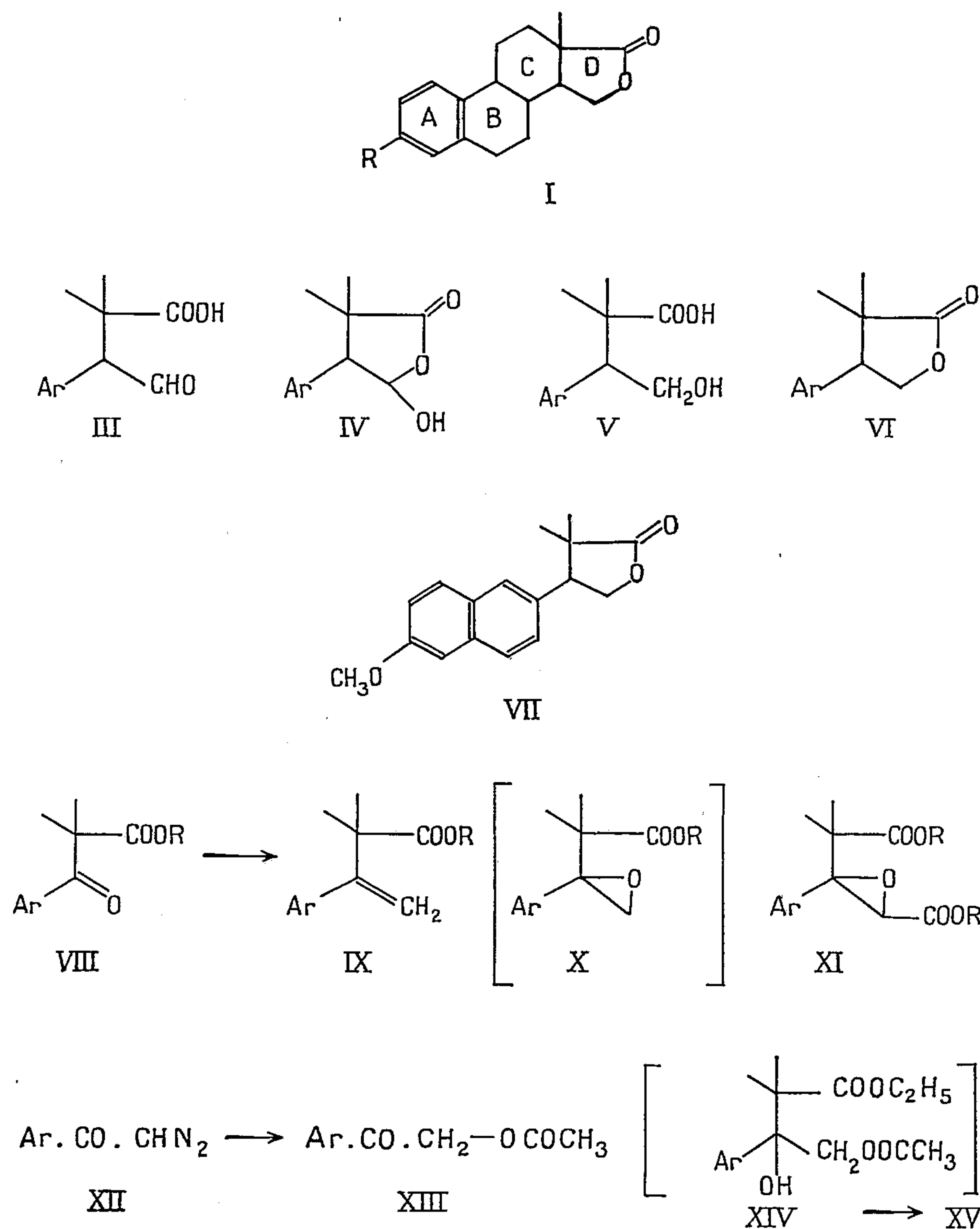
Ce procédé nous a permis de préparer l'α.α-diméthyl β-phényl γ-hydroxybutyrolactone F 120-121°; $C_{13}H_{16}O_4$, trouvé %, C 66,2; H 6,9; calculé %, C 66,1; H 6,8 et l'α.α-diméthyl β-(1.2.3.4-tétrahydronaphtyl-6) γ-hydroxybutyrolactone F 115-116°; $C_{16}H_{20}O_3$, trouvé %, C 73,6; H 7,7; calculé %, C 73,8; H 7,7.

Mais cette méthode n'est pas générale, car l'action oxydante des peracides sur la double liaison méthylénique est très lente et se manifeste sur d'autres parties de la molécule (il est impossible de préparer par ce procédé les composés β-naphtyl ou β-méthoxynaphtyl).

Deuxième procédé. — Les diazocétones (XII), facilement accessibles à partir

([1]) WESTERFELD, *J. Biol. Chem.*, **143**, 1942, p. 177.
([2]) JACQUES, HOREAU et COURRIER, *Comptes rendus*, **229**, 1949, p. 321.
([3]) HOREAU et JACQUES, *Bull. Soc. Chim.*, 1954, p. 511.
([4]) DELÉPINE et HOREAU, *Bull. Soc. Chim.*, **4**, 1937, p. 31.
([5]) BLAISE et COURTOT, *Bull. Soc. Chim.*, **35**, 1906, p. 1002.

des chlorures d'acides correspondants, fournissent par action de l'acide acétique les acétates de cétols (XIII).



L'action de l'α-bromoisobutyrate d'éthyle sur ces produits, selon Reformatzki, suivi d'un chauffage dans une solution acétique d'acide chlorhydrique, conduit directement aux hydroxylactones (IV) par l'intermédiaire sans doute de produits tels que (XIV) qui n'ont pas été isolés. C'est ainsi que la ω-diazoacétophénone a conduit facilement à l'hydroxy-lactone de Blaise et que l'ω-diazoacétyl-2 méthoxy-6 naphtalène a permis par l'intermédiaire de l'acétoxyacétyl-2 méthoxy-6 naphthalène (F 110-110°,5; $C_{15}H_{14}O_4$, trouvé %, C 69,6; H 5,5; calculé %, C 69,8; H 5,5) d'accéder à la lactone finale (VII).

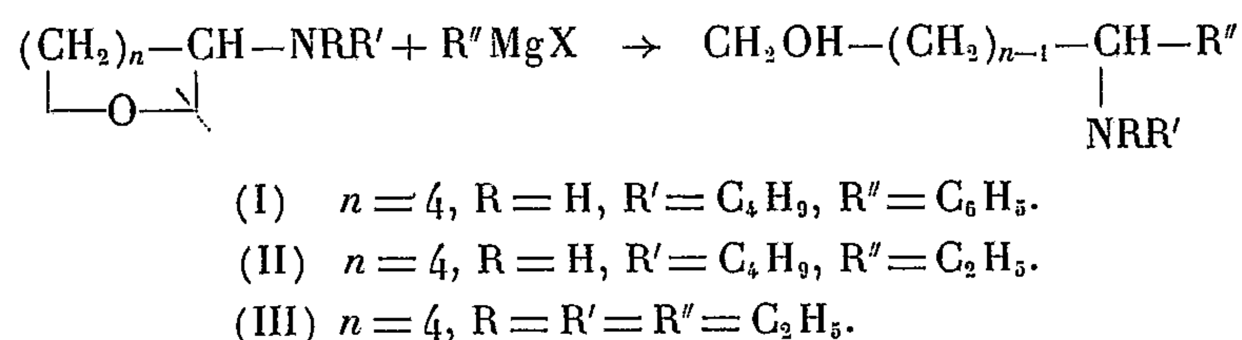
Ce procédé ne peut s'appliquer qu'aux stéroïdes dépourvus de noyau C tels que (VII). Le premier procédé utilise comme matières premières les éthyléniques (IX) qui ne sont pas faciles à préparer dans le cas ou les deux carbones adjacents à la fonction cétone ne sont pas tertiaires (c'est le cas quand Ar n'est pas aromatique). L'action sur ces cétones (VIII) de l'iodure de méthylmagnésium conduirait en effet à des carbinols dont la déshydratation ne se ferait pas fatalement dans le sens désiré.

Le troisième procédé paraît le plus général : il consiste à faire réagir selon Darzens, le chloracétate d'éthyle en milieu anhydre et en présence de sodium ou d'amidure de sodium, sur les cétones (VIII), ce qui conduit aux esters glycidiques (XI) dont la transformation en hydroxylactones s'obtient directement par ébullition dans une solution acétique d'acide chlorhydrique. Nous avons ainsi préparé, par exemple l'$\alpha.\alpha$-diméthyl β-phényl γ-hydroxybutyrolactone déjà mentionnée.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action des organomagnésiens sur les α-aminoépoxydes.* Note de MM. **Charles Glacet** et **Antoine Gaumeton**, présentée par M. Charles Dufraisse.

Les organomagnésiens coupent la liaison C_α—O des α-aminoépoxydes. Cette réaction permet la préparation d'aminoalcools dont la structure est établie : par cyclisation en pipéridines lorsque la fonction amine est secondaire; par passage à l'amine éthylénique ou transformation en sel de pipéridinium dans le cas ou l'azote est trisubstitué.

Les α-aminoépoxydes sont maintenant facilement accessibles; ils constituent une matière première intéressante pour la préparation d'aminoalcools par hydrogénolyse de l'hétérocycle ([1]), ([2]). L'objet de la présente Note est de montrer que l'action des organomagnésiens de Grignard fournit les aminoalcools homologues suivant la réaction



$$(CH_2)_n\text{—}CH\text{—}NRR' + R''MgX \rightarrow CH_2OH\text{—}(CH_2)_{n-1}\text{—}CH(NRR')\text{—}R''$$

(I) $n=4$, $R=H$, $R'=C_4H_9$, $R''=C_6H_5$.

(II) $n=4$, $R=H$, $R'=C_4H_9$, $R''=C_2H_5$.

(III) $n=4$, $R=R'=R''=C_2H_5$.

Nous n'avons pu jusqu'à présent déceler la formation de l'oxycarbure $(CH_2)_n$—CH—R″ (cycle par —O—) qui mettrait en évidence la scission de la liaison C_α— N de l'aminoépoxyde.

([1]) C. Glacet, *Bull. Soc. Chim.*, (5), **21**, 1954, p. 575.

([2]) C. Glacet et A. Gaumeton, *Bull. Soc. Chim.*, (5), **22**, 1955, p. 224.

La préparation de l'aminoalcool est particulièrement facile lorsque l'amine époxylée ne possède pas d'atome d'hydrogène mobile; la réaction effectuée dans l'éther à $+5°$, nous a donné (III) avec un rendement de 70 %.

Lorsque la fonction amine est secondaire le complexe magnésien est insoluble dans l'éther, il est alors avantageux d'utiliser un autre solvant; l'emploi du tétrahydrofuranne permet d'améliorer les rendements, ceux-ci sont encore plus élevés lorsque la condensation est effectuée en solution benzénique. Dans ce milieu (II) est obtenu avec un rendement de 30 %, en utilisant un léger excès d'organomagnésien et en maintenant le mélange réactionnel à 40° pendant 2 h; (I) est isolé avec un rendement de 62 %, en employant 3,3 moles de bromobenzène pour 1 mole d'aminoépoxyde et en poursuivant la réaction à 40° pendant 70 h.

L'hydrolyse du complexe magnésien est effectuée par une solution ammoniacale. Pour éviter une diminution du rendement il est indispensable d'utiliser un excès d'ions ammonium; nous employons 3 mol. d'ammoniaque et 3 mol. de chlorure d'ammonium pour 1 mol. d'organomagnésien.

Les exemples choisis montrent que la réaction est générale; la fonction amine de l'aminoépoxyde peut être secondaire ou tertiaire et l'organomagnésien aliphatique ou aromatique. Des essais en cours d'étude ont confirmé que les rendements varient avec la nature des réactants; ils peuvent parfois être presque quantitatifs.

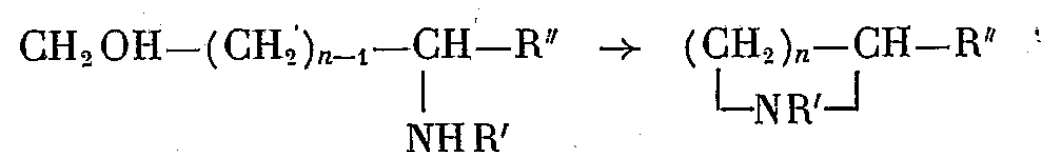
Phényl-5 butylamino-5 pentanol-1 (I). — $C_{15}H_{25}ON$: $\hat{E}_{0,6}$ 135,5-136°; n_D^{20} 1,5138; d_4^{20} 0,971; R. M. 72,96 (calculé 73). N %, trouvé 5,93; calculé 5,95. Le picrolonate fraîchement préparé fond à 151,5-152° (bloc), mais se décompose lentement.

Butylamino-5 heptanol-1 (II). — $C_{11}H_{25}ON$: $\acute{E}_{12}$ 142,5-143°; n_D^{19} 1,4573; d_4^{19} 0,883; R. M. 57,81 (calculé 58,12). N %, trouvé 7,50, calculé 7,47.

Diéthylamino-5 heptanol-1 (III). — $C_{11}H_{25}ON$: $\acute{E}_{12}$ 125,2-125°,4; n_D^{23} 1,4520; d_4^{23} 0,875; R. M. 57,78 (calculé 58,46). Trouvé %, C 70,28, H 13,44, N 7,46; calculé %, C 70,53, H 13,45, N 7,47.

Ces Σ-aminoalcools sont difficiles à obtenir par une autre voie; pour en prouver la structure, nous les avons transformés en dérivés plus facilement accessibles.

La déshydratation sur alumine cyclise (I) et (II) en pipéridines (IV) et (V) pratiquement pures dès la première distillation.



$$CH_2OH-(CH_2)_{n-1}-CH(NHR')-R'' \rightarrow (CH_2)_n-CH-R'' \text{ (cycle par } NR')$$

(IV) : $n=4$, $R'=C_4H_9$, $R''=C_6H_5$,
(V) : $n=4$, $R'=C_4H_9$, $R''=C_2H_5$.

Ces pipéridines sont aussi obtenues par réaction de von Braun, en utilisant la

butylamine et le phényl-1 dibromo-1.5 pentane ([3]) ou le dibromo-1.5 heptane. Cette seconde technique fournit un produit moins pur; les picrates bien cristallisés permettent d'affirmer l'identité des échantillons préparés par déshydratation d'un aminoalcool ou par la technique de von Braun.

Butyl-1 phényl-2 pipéridine (IV). — $C_{15}H_{23}N$: aminoalcool déshydraté à 190° 77 %, Rdt 86 %. $É_{12}$ 142°; $n_D^{19,5}$ 1,5146; $d_4^{19,5}$ 0,934; R. M. 70,10 (calculé 69,62). N %, trouvé 6,46; calculé 6,44.

Picrate. — $C_{21}H_{26}O_7N_4$: isolé de la solution alcoolique avec un rendement de 94 %. F 177° (bloc). N %, trouvé 12,41; calculé 12,55.

Butyl-1 éthyl-2 pipéridine (V). — $C_{11}H_{23}N$: aminoalcool transformé à 250° 66 %, rendement 80 %. $É_{11}$ 87°; $n_D^{14,5}$ 1,4573; $d_4^{14,5}$ 0,846; R. M. 54,55 (calculé 54,74). N %, trouvé 8,31; calculé 8,27.

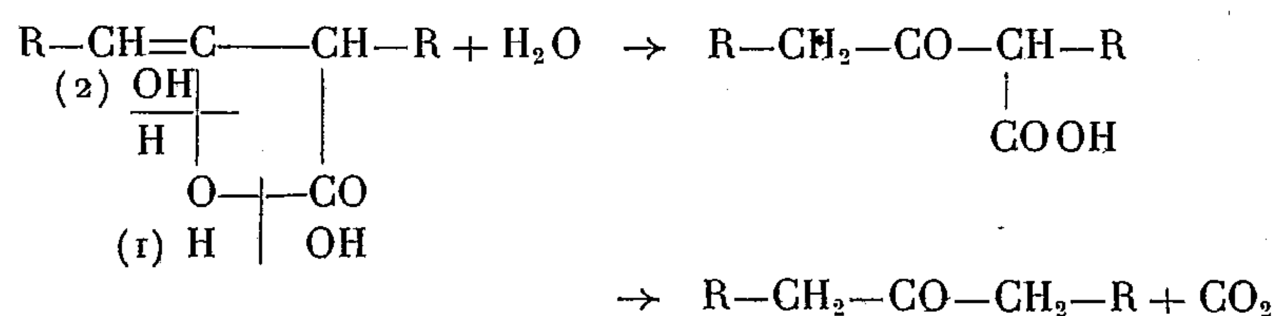
Picrate. — $C_{17}H_{26}O_7N_4$: cristallise de l'alcool isopropylique avec un rendement de 95 %. F 100°,5 (bloc). N %, trouvé 14,23; calculé 14,06.

L'étude du diéthylamino-5 heptanol-1 sera publiée dans un autre périodique. Nous indiquons simplement ici que la structure de cet aminoalcool résulte de sa transformation en diéthylamino-5 heptène-1 et en bromure de N-diéthyl α-éthyl pipéridinium dont nous avons vérifié les structures.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'ouverture du cycle β-olide des dimères de cétènes dérivés des acides aliphatiques normaux à longue chaîne.* Note de M. **Salomon Piekarski**, présentée par M. Charles Dufraisse.

Étude de l'ouverture du cycle β-olide des dicétènes entre O et CO sous l'action des acides sulfhydrique et bromhydrique.

Les dicétènes, sous l'action de l'eau, s'hydrolysent très facilement en donnant un acide β-cétonique qui, à son tour, se décarboxyle :

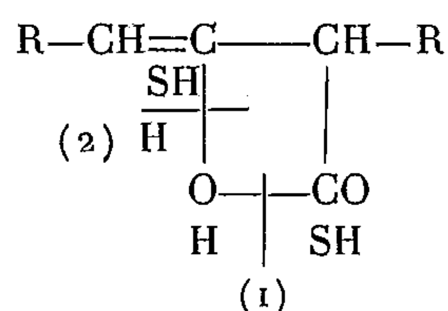


Une telle hydrolyse ne permet pas de déterminer si le cycle s'ouvre en (1) ou en (2).

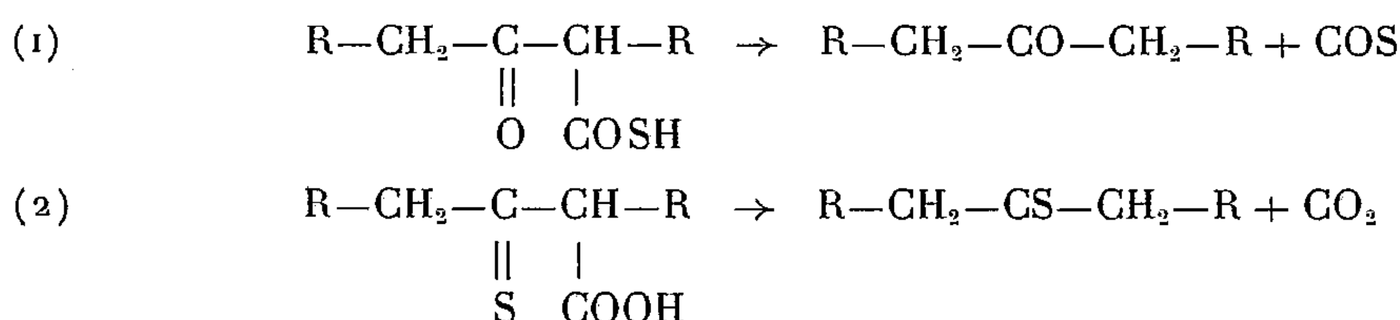
Pour essayer de mettre en évidence l'une ou l'autre de ces deux ouvertures, nous avons fait réagir l'acide sulfhydrique sec sur le décylcétène dimérisé. La courbe d'absorption du gaz en fonction du temps montre qu'il y a fixation

([3]) R. Paul, *Bull. Soc. Chim.*, (5), 2, 1935, p. 320.

molécule à molécule. Par analogie avec H_2O, deux coupures sont possibles :



qui donnent, après transposition de l'énol :

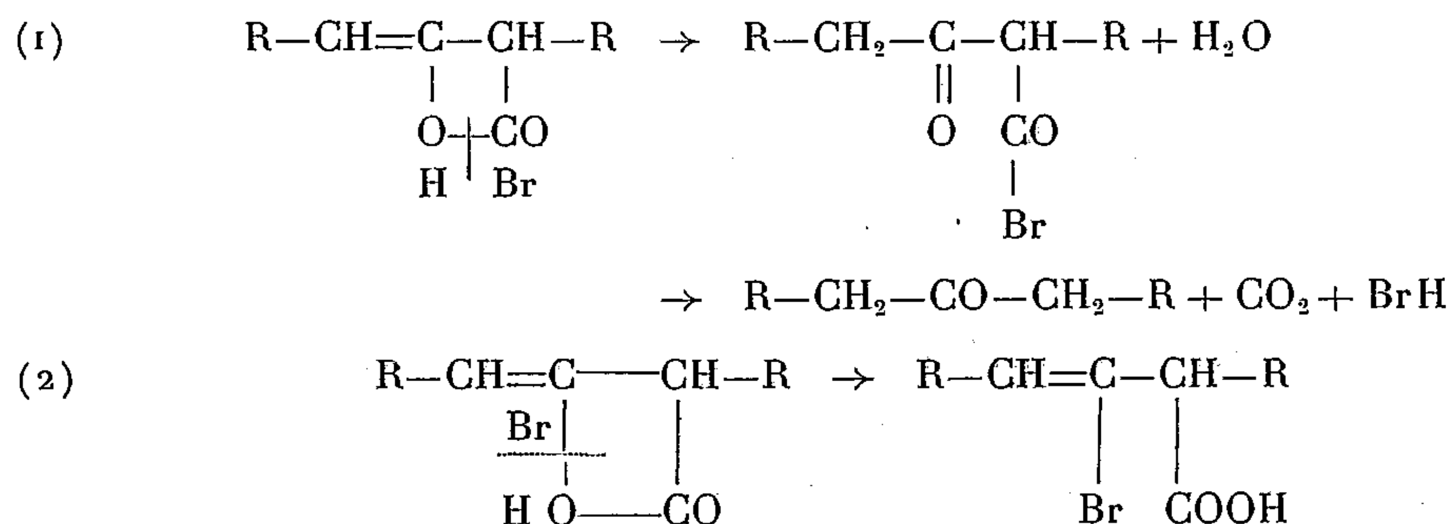


la thione pouvant se polymériser.

Après réaction, nous n'avons isolé que la laurone; nous n'avons rencontré aucune des propriétés des thiocétones ou des mercaptans. Des résultats identiques ont été obtenus avec les dicétènes préparés à partir des acides butyrique et stéarique ($R = C_2H_5$ et $C_{16}H_{33}$). Ces faits semblent confirmer la coupure en (1).

Partie expérimentale. — L'acide sulfhydrique sec à température et pression normales arrive au-dessus d'une solution de 6,443 g de decylcétène dimérisé dans 75 cm³ d'éther anhydre. On mesure le volume de gaz absorbé en fonction du temps. Les produits de réaction dans l'éther sont lavés à l'eau froide; le solvant est distillé pour éliminer l'excès de réactif et le résidu soufré est redissous dans l'hexane et lavé avec une solution diluée, froide, de carbonate de sodium. Tout le soufre passe dans la phase aqueuse et, de l'hexane, on cristallise uniquement de la laurone (4,280 g) F 66,5-68,5°, mélange avec la laurone F 67-68,8°,

L'ouverture du cycle β-olide peut aussi se faire sous l'action de l'acide chlorhydrique [1] ou de l'acide bromhydrique, et dans ce dernier cas on obtiendra un bromure d'acide β-cétonique [ouverture en (1)] ou un acide β-bromé [ouverture en (2)].



[1] C. H. Hill et M. E. Hill, *J. Amer. Chem. Soc.*, 75, 1953, p. 4591.

Le premier mécanisme fournit un corps instable qui se transforme facilement en cétone alors que le deuxième mécanisme donne un produit bromé dont l'atome de brome est assez stable. A partir de l'éthylcétène dimérisé, par action de l'acide bromhydrique puis de l'eau, nous n'avons identifié que de la dipropylcétone.

Dans les mêmes conditions, nous avons fait réagir l'acide bromhydrique sur le dimère de décylcétène, et nous n'avons obtenu que de la laurone et pas de produit bromé.

D'autre part, l'addition à froid d'un excès d'aniline aux produits bruts de la réaction précédente conduit à la formation d'anilide de l'acide α-lauroyllaurique dont la présence implique l'existence d'un bromure d'acide.

Partie expérimentale. — Un courant lent d'acide bromhydrique sec barbotte dans le dimère d'éthylcétène sans solvant, à la température ambiante. Après une heure de réaction, le produit est agité sous vide jusqu'à poids constant pour éliminer l'hydracide non fixé. Le résidu, dissous dans l'hexane, est lavé, à froid, à l'eau distillée jusqu'à neutralité. Le dosage de l'acide halogéné dans les eaux de lavage indique une addition d'une molécule d'acide bromhydrique par molécule de dicétène. Après évaporation de l'hexane, le résidu est identifié comme étant de la dipropylcétone par son point d'ébullition (É 144-145°), sa semicarbazone (F 132-133°).

Le dimère de décylcétène dissous dans l'heptane anhydre est traité par l'acide bromhydrique sec, puis la solution est lavée à l'eau froide. Cette solution évaporée conduit à un corps qui, recristallisé dans l'hexane, est identifié comme laurone : point de fusion du produit F 67-69° en mélange avec de la laurone (F 68-69°) F 67°,3-69°,0.

Le composé bromé brut obtenu à partir de 7,67 g de décylcétène dimérisé est additionné d'un grand excès d'aniline. Après une nuit de repos, le mélange est lavé et recristallisé plusieurs fois dans l'hexane; on obtient, à côté de quantités importantes de laurone, 0,520 g d'anilide de l'acide α lauroyllaurique identifié par son point de fusion F 83°,5-85° et le point de fusion de mélange avec un échantillon d'anilide préparé d'autre part F 83°,6-84°,7.

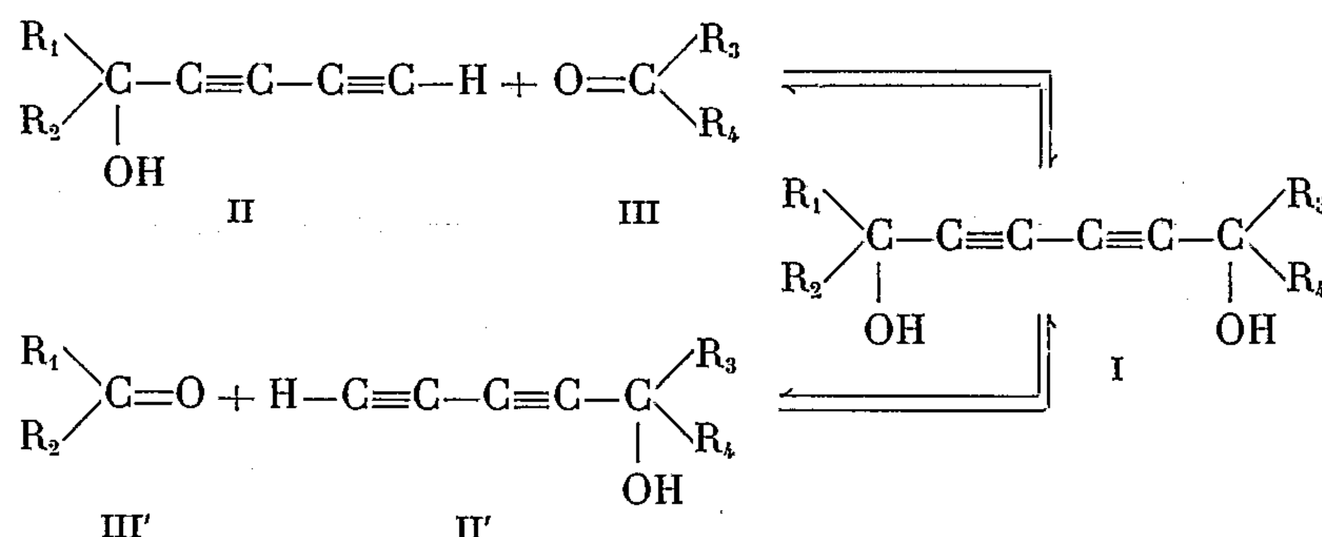
Conclusion. — L'ensemble des deux groupes de réactions semble indiquer que dans les dimères de cétènes, l'ouverture de cycle se fait, dans les conditions expérimentées entre l'atome d'oxygène et le groupement carbonyle.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Glycols α.α'-diacétyléniques conjugués dissymétriques.* Note de MM. **Wladyslaw Chodkiewicz, Paul Cadiot** et **Antoine Willemart**, présentée par M. Charles Dufraisse.

Plusieurs glycols α.α'-diacétyléniques conjugués dissymétriquement substitués ont été préparés par condensation d'un alcool α-diacétylénique sur un dérivé carbonylé. Ces composés subissent, sous l'influence de la potasse, le phénomène de « permutation » beaucoup plus aisément que les glycols α.α'-diacétyléniques.

La classe des glycols α.α'-diacétyléniques conjugués dissymétriques I est

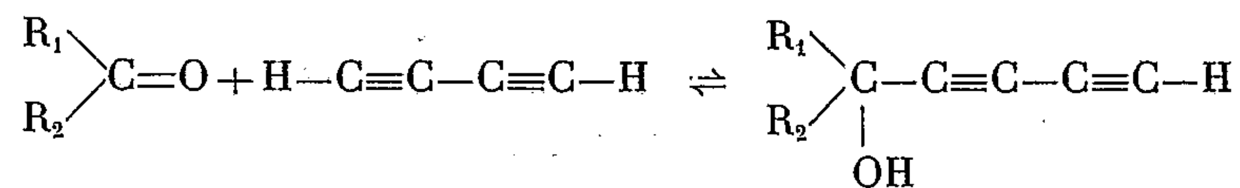
fort peu connue (1), (2). Nous avons pu en obtenir quelques représentants par condensation d'un alcool diacétylénique, II ou II', sur une cétone III ou III' :



Deux méthodes peuvent être employées selon que la condensation est faite par la *potasse* dans le tétrahydrofuranne ou par l'*amidure de potassium* dans l'ammoniac liquide, généralement à basse température.

Formule brute.	(Alcool acétylénique) R1.	R2.	(Cétone) R3.	R4.	Fusion (°C).	Agent de condensation.	Tempér. de condensation (°C).	Temps de condensation (mn).	Rendement (%).
$C_{30}H_{20}O_2$ ...	C_6H_5—	C_6H_5—	C_6H_4—C_6H_4 (\ /)		152	Amidure	—60	60	90
$C_{34}H_{24}O_2$ ...	C_6H_5—	C_6H_5—	C_6H_5—	$\beta C_{10}H_7$—	Surf.	»	—50	120	78
$C_{28}H_{20}O_2S$..	C_6H_5—	C_6H_5—	C_6H_5—	αC_4H_3S—	150	Potasse	—10	120	70
$C_{32}H_{26}O_4$ ...	$p.CH_3OC_6H_4$—	$p.CH_3OC_6H_4$—	C_6H_5—	C_6H_5—	168	Amidure	—80	60	50
$C_{20}H_{16}O_2$ ...	CH_3—	CH_3—	C_6H_4—C_6H_4 (\ /)		153	»	—80	30	85
$C_{11}H_{22}O_2$ ...	CH_3—	CH_3—	C_2H_5—	CH_3—	86	»	—80	15	78
$C_{14}H_{22}O_2$ ...	CH_3—	CH_3—	C_3H_7—	C_3H_7—	75	»	—80	20	72
$C_{19}H_{14}O_2$ ...	H—	CH_3—	C_6H_4—C_6H_4 (\ /)		150	Potasse	0	3	84
$C_{18}H_{12}O_2$ ...	H—	H—	C_6H_4—C_6H_4 (\ /)		140	»	+20	1	39

Comme il a déjà été signalé en série monoacétylénique, (3), (4), (5), les réactions de formation des glycols et des alcools diacétylényques sont réversibles :



(1) C. L. Cook, E. R. H. Jones et M. C. Whiting, *J. Chem. Soc.*, 1952, p. 2883.

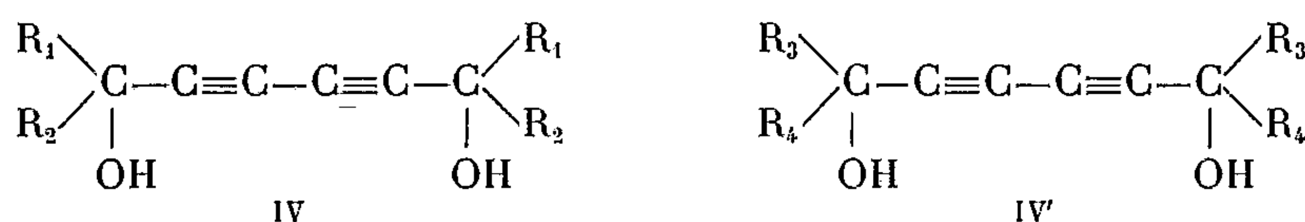
(2) J. B. Armitage, N. Entwistle, E. R. H. Jones et M. C. Whiting, *J. Chem. Soc.*, 1954, p. 147.

(3) A. J. Zakharova, *J. Gen. Chem. U. R. S. S.*, 11, 1941, p. 939.

(4) W. Chodkiewicz, P. Cadiot et A. Willemart, *Comptes rendus*, 240, 1955, p. 1554.

(5) W. Chodkiewicz et P. Cadiot, *Comptes rendus*, 240, 1955, p. 1903.

Il doit donc apparaître dans le mélange réactionnel, outre le diacétylène, les deux alcools II et II′ et les deux cétones III et III′. Il s'ensuit qu'une recombinaison dans un ordre différent de ces divers produits doit conduire à la formation des deux glycols symétriques IV et IV′ :



Par exemple, lors de la préparation, sans précautions spéciales (température ambiante, durée quelques minutes, potasse comme agent de condensation) du diméthyl-1.1 biphénylène-6.6 hexadiyne-2.4 diol-1.6, obtenu avec un rendement de 62 %, nous avons pu mettre en évidence chacun des glycols symétriques correspondant : tétraméthyl-1.1.6.6 hexadiyne-2.4 diol-1.6 et dibiphénylène-1.1.6.6 hexadiyne-2.4 diol-1.6, avec des rendements de l'ordre de 15 %.

En présence d'agents alcalins appropriés (potasse), dans un solvant convenable (tétrahydrofuranne), un glycol dissymétrique I ou un mélange équimoléculaire de deux glycols symétriques IV et IV′ représentent deux systèmes équivalents, évoluant vers un même état (mélange des glycols I, IV, IV′).

Ainsi, en une heure à température ambiante, à partir du diméthyl-1.1 biphénylène-6.6 hexadiyne-2.4 diol-1.6; on a obtenu le tétraméthyl-1.1.6.6 hexadiyne-2.4 diol-1.6 (28 %) et le dibiphénylène-1.1.6.6 hexadiyne-2.4 diol-1.6 (28 %), alors que l'on a récupéré 43 % du glycol dissymétrique de départ.

De même, un mélange équimoléculaire de tétraméthyl-1.1.6.6 hexadiyne-2.4 diol-1.6 et de dibiphénylène-1.1.6.6 hexadiyne-2.4 diol-1.6 a donné le diméthyl-1.1 biphénylène-6.6 hexadiyne-2.4 diol-1.6 avec un rendement de 19 %, alors que chacun des produits de départ a été récupéré avec un rendement de l'ordre de 40 %.

Par contre avec des glycols diacétyléniques présentant des structures aliphatiques secondaires et primaires, nous n'avons jamais pu mettre en évidence les réactions mentionnées ci-dessus.

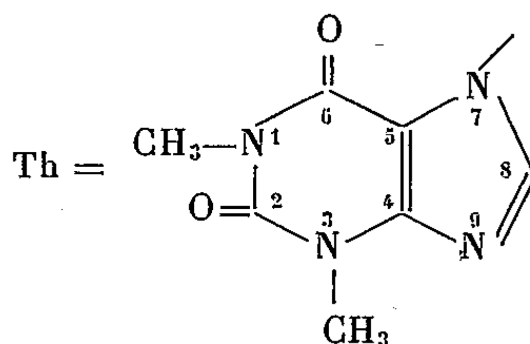
Des phénomènes analogues de reversibilité ont pu être constatés dans le cas d'alcools diacétyléniques substitués du type diaryl-1.1 ou dialcoyl-1.1 phényl-5 pentadiyne-2.4 ol-1.

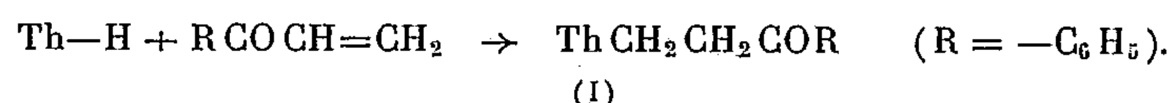
En conclusion, les « phénomènes de permutation » sont tout à fait analogues dans les séries mono et diacétyléniques ([5]) ils présentent toutefois une importance beaucoup plus grande en série diacétylénique, du fait de leur extrême facilité.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Réaction de la théophylline avec les dérivés acryliques et la vinyl-2-pyridine*. Note de MM. **Michel Polonowski** (†), **Marcel Pesson** et **Raymond Zelnik**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

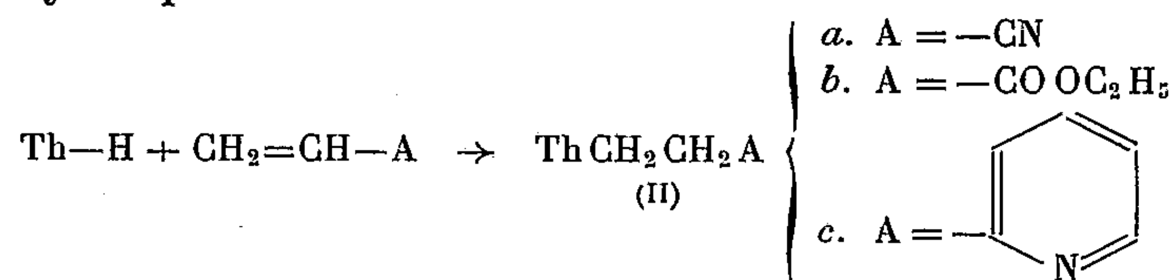
Étude de l'addition de l'acrylonitrile, de l'acrylate d'éthyle et de la vinyl-2-pyridine sur la théophylline. Extension de la réaction à la théobromine.

Dans une Note précédente ([1]), nous avons décrit la synthèse des β-(théophyllyl-7)-cétones par alcoylation de la théophylline au moyen des β-dialcoylaminocétones (bases de Mannich). L'étude du mécanisme de cette réaction nous a permis de proposer un schéma faisant intervenir une réaction d'addition du type Michael entre la base purique et une cétone α-β-éthylénique, formée intermédiairement par désamination de la base de Mannich. Ainsi, dans le cas de la condensation avec la N-diméthylaminopropiophénone, nous avons montré que la cétone obtenue (I) peut être également préparée par condensation de la théophylline avec la phénylvinylcétone.





Cette réaction qui fait intervenir la fonction imine « acide » de la théophylline, nous a suggéré l'étude du comportement de la base purique à l'égard des substances à double liaison hautement réactive : acrylonitrile, acrylate d'éthyle, vinyl-2-pyridine. Effectivement, la théophylline additionne aisément ces trois composés éthyléniques :



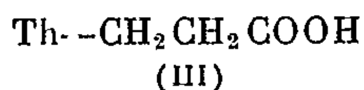
1. *Condensation avec l'acrylonitrile.* — Par chauffage de la théophylline et de l'acrylonitrile dans un solvant neutre (dioxane, acétate d'éthyle), en présence d'un catalyseur alcalin (T. B : hydroxyde de benzyltriméthylammonium), on obtient avec un rendement quantitatif, le (théophyllyl-7)-3-propionitrile

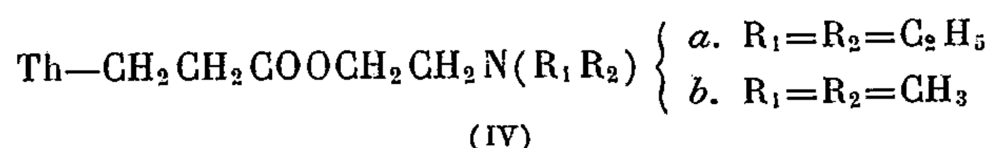
([1]) M. Polonovski, M. Pesson et R. Zelnik, *Comptes rendus*, 240, 1955, p. 2079.

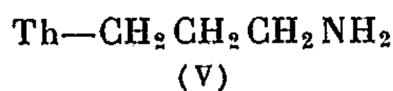
F 160° [2] (II*a*) (trouvé %, C 51,48; H 4,79; N 29,80; calculé %, C 51,47; H 4,75; N 30,04) dont l'hydrolyse chlorhydrique conduit à l'acide (théophyllyl-7)-3-propionique (III) F 205° (trouvé %, C 47,43; H 5,11; N 22,55; calculé %, C 47,59; H 4,80; N 22,22), ester éthylique F 105°. Cet acide a été également obtenu par condensation du théophyllinate de sodium et de l'acide β-bromo-propionique, ce qui confirme à la fois, la structure de l'acide (III) et celle du nitrile (II*a*).

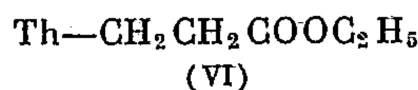
Par action des β-diéthyl et β-diméthyl-amino-chloréthanes sur l'acide (théophyllyl-7)-3-propionique, en milieu isopropanol à l'ébullition, nous avons préparé les chlorhydrates des esters du β-diéthyl-aminoéthanol (IV *a*) F 175° (*d.*) (Rdt 93 %) (trouvé %, Cl 9,15, N 17,97; calculé %, Cl 9,14, N 18,06) et du β-diméthyl-aminoéthanol (IV *b*) F 222° (*d.*) (Rdt 16 %) (trouvé %, Cl 9,94, N 19,33; calculé %, Cl 9,86, N 19,47).

Le (théophyllyl-7)-3-propionitrile, hydrogéné catalytiquement sous pression (95 atm.) et à chaud (100°) en présence de nickel Raney nous a fourni la (théophyllyl-7)-3-propylamine (V), isolée sous forme de chlorhydrate F 259° (*d.*) (Rdt 78 %) (trouvé %, Cl 12,78; calculé %, Cl 12,95).









2. *Condensation avec l'acrylate d'éthyle.* — Dans les mêmes conditions qu'avec l'acrylonitrile, nous avons obtenu le (théophyllyl-7)-3-propionate d'éthyle (VI) F 105° (Rdt quantitatif) (trouvé %, C 51,57, H 6,23, N 19,75; calculé %, C 51,38, H 5,75, N 19,95), identique au produit obtenu par estérification de l'acide (théophyllyl-7)-3 propionique.

3. *Condensation avec la vinyl-2-pyridine.* La réaction, effectuée en milieu dioxane ou en présence d'un excès de vinyl-2-pyridine, et catalysée par le T. B, conduit à l'α-(pyridyl)-1-(théophyllyl-7)-2-éthane (II *c*) F 115° (Rdt 74 à 85 %) (trouvé %, C 58,80, H 5,52, N 25,03; calculé %, C 58,91, H 5,33, N 24,56).

Par contre, dans les conditions (solvant : acétate d'éthyle catalyseur : T. B) où l'acroléine s'additionne à la phtalimide [3], la théophylline ne paraît pas réagir. Dans ce cas, nous avons observé une polymérisation importante de l'acroléine sans qu'il soit possible d'isoler un produit d'addition.

---

[2] Les points de fusion sont pris au bloc Maquenne.

[3] A. GALAT, *J. Amer. Chem. Soc.*, 67, 1945, p. 1414.

La *théobromine* additionne également l'acrylonitrile : nous avons ainsi obtenu le (théobromine-1)-3-propionitrile F 184° (Rdt 92 %) (trouvé %, C 51,61, H 4,48, N 29,95; calculé %, C 51,47, H 4,75, N 30,04). Cependant, nous ne sommes pas parvenus à faire réagir cette base purique avec l'acrylate d'éthyle.

MINÉRALOGIE. — *Remarque sur le spectre de Debye et Scherrer de la stromeyerite et sur la synthèse de ce minéral par frittage.* Note de M. **Jean Prouvost**, transmise par M. Charles Mauguin.

En soumettant à une forte pression un mélange de poudres de covellite et d'argent, porté ensuite à une température déterminée, on obtient de la stromeyerite.
Les spectres de Debye et Scherrer du produit artificiel sont absolument analogues à ceux faits à partir du sulfure naturel d'argent et de cuivre.

Les divergences que l'on relève dans la bibliographie à propos de l'étude de la stromeyerite au moyen des rayons X sont dues probablement au fait que ce minéral est difficile à isoler dans les minerais.

Dans ces conditions il m'a semblé intéressant de reprendre les synthèses relatées dans une Note précédente [1] et d'étudier les spectres obtenus avec le minéral artificiel. Rappelons que de la poudre d'argent mélangée à de petits fragments de covellite a été comprimée à 7 000 kg/cm^2 environ, puis chauffée en atmosphère inerte à quelques centaines de degrés. Dans la nature la seule combinaison connue des éléments mis en présence est la stromeyerite, sulfure double de cuivre et d'argent. Le minéral de néoformation est en quelque sorte *a priori* déterminé et le succès de l'expérience dépend de la quantité d'argent introduite dans le sulfure, elle doit correspondre à la composition stœchiométrique, c'est-à-dire une molécule d'argent pour une molécule de cuivre. Or, les essais faits sur les mélanges plus ou moins chauffés montrent que l'apport d'argent est fonction de la température.

A 680° la covellite accuse une transformation profonde, elle a perdu ses propriétés optiques caractéristiques. La coloration bleue très vive en lumière réfléchie et le polychroïsme ont disparu; l'anisotropie entre nicols croisés est fortement diminuée. Dans les positions d'éclairement on voit des teintes vertes et violacées et non les teintes rouges et bleues de la covellite primitive. Le diagramme de Debye-Scherrer de la poudre prélevée sous le microscope ne correspond plus à la structure de la covellite, les équidistances de plans réticulaires observées sont les suivantes : 2,38, 2,30, 2,08, 2,00, 1,85, 1,48, 1,43, 1,27, 1,22, 1,16, 1,01, 0,97, 0,93, 0,90 0,82 et 0,78 Å.

[1] *Comptes rendus*, 239, 1954, p. 715.

A 580° on note un affaiblissement encore plus important de l'anisotropie. Les spectres de rayons X comportent des raies correspondant aux intervalles suivants : 3,24, 3,11, 3,00, 2,94, 2,58, 2,37, 2,21, 2,00, 1,97, 1,87, 1,80, 1,72, 1,68, 1,41 et 1,24 Å.

Plusieurs d'entre elles figurent, comme nous le verrons, dans le diagramme de la stromeyerite (3,24, 3,00, 2,58, 2,00 et 1,87 Å).

A 500° les plages transformées sont très peu anisotropes et sur le spectre de rayons X on relève des raies correspondant à : 3,39, 3,24, 3,00, 2,59, 2,32, 2,00, 1,94, 1,86, 1,70, 1,68, 1,51, 1,22, 1,17, 1,07, 1,01, 0,95, 0,91, 0,83 et 0,78 Å. Par rapport à l'expérience précédente, on note un rapprochement très net vers l'édifice cristallin de la stromeyerite (raies à 3,39, 3,24, 3,00, 2,59, 2,00, 1,94, 1,86, 1,68 et 1,22 Å) que nous atteignons vers 430° ([2]). A cette température se manifeste pour la première fois nettement les propriétés optiques du minéral. Polychroïsme de réflexion à peine visible, coloration gris blanc légèrement violacée, anisotropie vive entre nicols croisés et structure en feuilles d'olivier avec extinction droite des lamelles qui ne laisse pratiquement pas de doute quant à l'identification de la stromeyerite. Sur le cliché on note des raies correspondant aux intervalles suivants :

3,39	3,24	3,00	2,81	2,58	2,03	2,00	1,97	1,93	1,87
3	5	5	1	20		10		1	8
1,72	1,68	1,56	1,43	1,40	1,29	1,25	1,23	1,13	0,93
10	3	1	7		3	7		1	5

Tous ces intervalles sont ceux mis en évidence par le diagramme de la stromeyerite du Mont Lyell (Tasmanie) dont j'ai contrôlé l'homogénéité par l'examen microscopique. Un spectre tout à fait analogue aux deux précédents a été obtenu avec de la stromeyerite que j'ai reproduite dans les conditions indiquées par G. H. Schwartz ([3]).

On peut souligner le développement important de la raie à 2,58 Å et la constance des groupes : 2,03, 2,00, 1,97; 1,43, 1,40; 1,25, 1,23.

Étant donnée l'analogie absolue des trois spectres, dont deux ont été obtenus avec des produits de synthèse réalisés par des voies différentes et dont le troisième est celui du minéral provenant d'un gisement classique, il est permis de considérer les chiffres donnés comme caractéristiques de la stromeyerite ([4]).

([2]) Il n'a pas été possible de déterminer les proportions relatives d'argent et de cuivre, dans les phases intermédiaires, étant donnée la difficulté d'isoler les grains qu'elles constituent dans la masse d'argent englobante.

([3]) *Economic Geology*, 30, 1938, p. 128.

([4]) Je n'ai pas retenu les valeurs différentes des miennes proposées par Waldo. Cet auteur n'indique pas l'origine de la stromeyerite qu'il a étudiée ni les propriétés par lesquelles il l'a identifiée. *Amer. Mineralogist.*, 20, 1935, p. 575.

De plus, on voit que, par frittage à partir de la covellite, il est possible de reproduire la stromeyerite, mais l'édifice cristallin de ce minéral n'apparaît qu'au-dessous d'une température bien déterminée (430°). A des températures supérieures se forment des édifices correspondant à des solutions solides de natures différentes.

MINÉRALOGIE. — *Sur la solubilité des couches superficielles de quartz et de silicates broyés.* Note de M. **Robert Trégan**, transmise par M. Charles Mauguin.

L'accroissement de solubilité conférée aux couches superficielles des poussières de quartz par le broyage est connu ([1]), mais son importance est discutée. Nous avons étudié ce phénomène dans diverses solutions et nous avons aussi montré son existence dans le cas de divers silicates.

Le traitement thermique réduit les effets du broyage sur la solubilité.

Les poudres étudiées ont été préparées en mortier d'agate. Une tranche granulométrique définie (85 à 50 μ) a été retenue. Les particules fines ont été éliminées dans un élutriateur-centrifugeur; les particules grossières ont été séparées par tamisage.

Des courbes de solubilité $\Sigma q = f(\Sigma t)$ ont été construites après mesure des quantités q_1, q_2, q_n de silice dissoutes en des temps définis t_1, t_2, t_n à partir de la même poudre, par des volumes constants de liquide agressif, renouvelé en vue de chacun des lessivages successifs. Nous avons opéré généralement avec 500 mg de poudre et 20 cm³ de liquide agressif, en tube clos uniformément agité à température constante (20° C). Le dosage de la silice dans le liquide extrait par décantation ou centrifugation, après chaque lessivage, a été réalisé colorimétriquement au molybdate d'ammonium avec une précision de l'ordre de ± 3 %. Dans ces expériences, le rapport de la quantité de silice dissoute à la silice totale est si faible que la surface spécifique de la poudre peut être considérée comme constante.

La vitesse de dissolution est déterminée, à chaque instant, par la pente de la courbe $\Sigma q = f(\Sigma t)$. Les courbes obtenues avec le quartz, une orthose, une albite, un labrador et avec un verre de silice montrent que la vitesse de dissolution décroît très rapidement au cours des premières heures de lessivage et tend à se stabiliser (cette dissolution n'a aucun rapport avec la concentration de silice dans le solvant, car on est toujours très loin de la saturation. D'autre part, diverses expériences nous ont permis de nous assurer que le phénomène n'est pas dû à la présence de particules très fines non éliminées des grains compris entre 85 et 50 μ).

La pente constante de la courbe $\Sigma q = f(\Sigma t)$ est atteinte quand les grains de la poudre sont entièrement dégagés de la pellicule perturbée par le broyage.

([1]) D. W. Clelland, W. M. Cumming et P. D. Ritchie, *J. appl. Chem.*, 2, 1952, p. 31-42.

La diminution de cette pente à partir du début de l'expérience permet de suivre, par l'abaissement de la vitesse de dissolution, la diminution régulière du désordre dans la profondeur de chaque grain cristallin.

Dans une solution de potasse normale, les vitesses constantes de mises en solution des poudres étudiées sont assez grandes pour que les dosages colorimétriques permettent de bonnes comparaisons. Les rapports $\Delta M/M$ de la masse ΔM dissoute en un jour à la masse totale M sont les suivants : verre de silice, 100.10^{-5}; quartz, $1,15.10^{-5}$; orthose, $0,47.10^{-5}$; albite, $1,04.10^{-5}$; labrador, $5,7.10^{-5}$.

Le liquide précédent est trop agressif pour que l'on puisse matériellement construire avec précision le début des courbes $\Sigma q = f(\Sigma t)$; nous l'avons remplacé à cette fin par la solution aqueuse CO_3Na_2 (M/10) + CO_3NaH (M/10). La partie initiale des courbes a été tracée jusqu'à ce que l'on ait atteint une pente constante. En prolongeant cette branche rectiligne jusqu'à la ligne des ordonnées, on a pu déterminer, pour chaque poudre, la quantité de silice dissoute de façon anormalement rapide. La limite inférieure de la masse m de chaque poudre atteinte par les perturbations dues au broyage a été ensuite calculée. Dans les conditions granulométriques citées plus haut, les rapports m/M de cette masse à la masse totale de la poudre sont approximativement les suivants : verre de silice, $14,10^{-5}$; quartz, 28.10^{-5}; orthose, 25.10^{-5}; albite, 27.10^{-5}; labrador, 32.10^{-5}. On remarquera que la couche perturbée est ainsi du même ordre pour le quartz et pour les divers feldspaths; elle est notablement plus faible pour le verre de silice sans, toutefois, être négligeable, et celà concorde avec les idées actuelles sur la structure des verres.

Des lessivages de même durée (1 jour) ont été réalisés avec le liquide utilisé au paragraphe précédent, sur des échantillons d'une même poudre de quartz portés, chacun pendant 1 h, à des températures différentes. Les résultats suivants ont été obtenus :

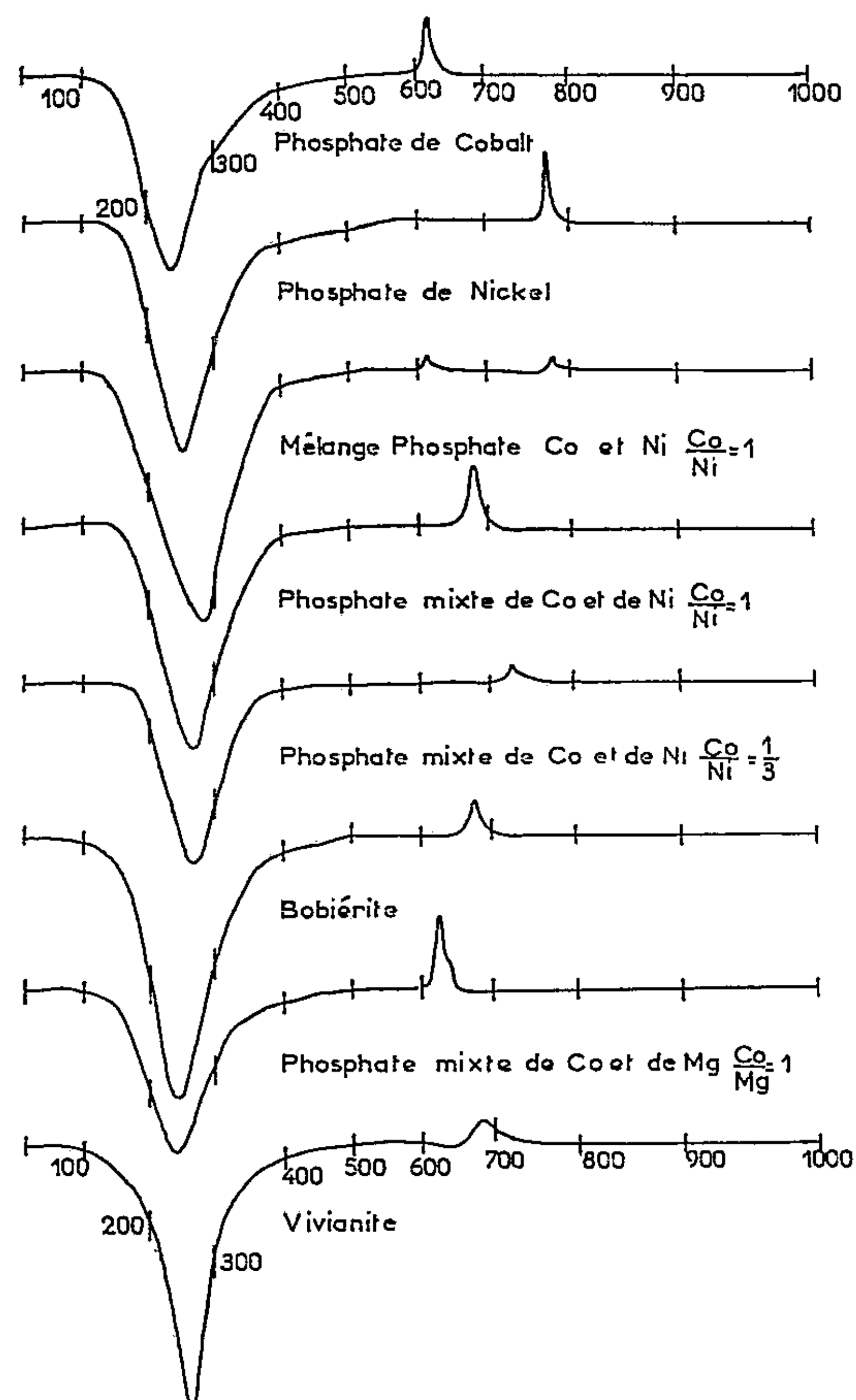
Température du traitement thermique...	1200°.	900°.	700°.	500°.	Temp. ordinaire.
Vitesse moyenne de mise en solution :					
$\frac{\Delta M}{M}$ en un jour..................	$2,6.10^{-5}$	$4,4.10^{-5}$	$6,2.10^{-5}$	$8,1.10^{-5}$	16.10^{-5}

On constate la diminution régulière très nette de la solubilité provoquée par la recristallisation.

La comparaison des vitesses de mise en solution est, ainsi, un moyen de contrôler l'état de recristallisation des couches superficielles et nous donnerons ultérieurement les résultats d'une étude plus complète des effets de traitements thermiques des poudres obtenues par broyage.

MINÉRALOGIE. — *Caractères thermiques des phosphates de la famille de la vivianite.* Note de M. **Raymond Pulou**, transmise par M. Charles Mauguin.

La vivianite appartient à une famille de phosphates et d'arséniates naturels répondant à la formule générale $(RO_4)_2M_3$, $8\,H_2O$ dans laquelle RO_4 désigne le radical PO_4 ou AsO_4 et M un métal bivalent tel que le fer, le magnésium, le nickel, le cobalt ou le zinc. Il convient toutefois de remarquer que la série des phosphates naturels est très incomplète par rapport à celle des arséniates. Rappelons que les phosphates de cobalt et de nickel n'ont pas été jusqu'ici signalés dans la nature. Le seul phosphate de zinc connu, la hopéite, n'appartient pas à cette famille.



Aussi avons-nous cherché à étendre aux phosphates, la méthode de synthèse que nous avons employée avec les arséniates (1). Les diagrammes de rayons X nous ont permis de reconnaître la parfaite identité de structure de la vivianite et des phosphates cristallisés ainsi obtenus.

(1) R. Pulou, *Comptes rendus*, 240, 1955, p. 2333.

La durée de la cristallisation (à 18° C) dépend beaucoup, comme dans le cas des arséniates, de la nature du métal considéré : sel de cobalt, 12 h; sel double de cobalt et de nickel (Co/Ni = 1), 1 jour; sel double (Co/Ni=1/3), 8 jours; sel de nickel, 1 mois; sel de magnésium, 2 mois; sel double de cobalt et de magnésium, 1 jour. Il est curieux de constater que le phosphate de cobalt cristallise plus aisément que le phosphate de nickel, alors que l'inverse se produit avec les arséniates.

Toutes les tentatives faites pour préparer le phosphate de zinc homologue de la koettigite ont échoué jusqu'ici. Bien plus, la présence de zinc, même en petite quantité, suffit pour empêcher la cristallisation des autres phosphates. A cet effet inhibiteur du zinc, on peut opposer le rôle favorable que semble jouer le cobalt dans la cristallisation des phosphates mixtes.

Caractères thermiques généraux. — Les essais thermiques ont été réalisés par analyse différentielle dans les mêmes conditions que nos essais antérieurs sur les arséniates, afin de permettre des comparaisons : prise d'essai (5 dg) chauffée progressivement jusqu'à 1000° en 1 h 15 environ dans un courant d'air sec de 20 cm^3/mn.

Comme dans le cas des arséniates, les diagrammes montrent un fort crochet endothermique (Ed) de décomposition avec déshydratation dont le minimum est toujours situé vers 250°, puis un crochet exothermique (Ex) de recristallisation. La matière est vitreuse entre les deux crochets Ed et Ex. Au-delà, on est en présence d'orthophosphate anhydre sauf dans le cas de la vivianite où interviennent des phénomènes d'oxydation du fer ferreux. On retrouve l'adsorption d'eau dans le verre déjà signalée avec les arséniates.

Caractères thermiques particuliers. — *Phosphate de cobalt.* — Le crochet Ex débute vers 600° c'est-à-dire 60° plus bas qu'avec l'arséniate correspondant. Son amplitude est plus faible.

Phosphate de nickel. — Le crochet Ex débute vers 760°; il est, par conséquent, retardé de 40° par rapport au crochet de l'arséniate.

Phosphate mixte de cobalt et de nickel Co/Ni = 1. — On n'a qu'un seul crochet exothermique débutant vers 675°, c'est-à-dire placé au milieu de l'intervalle qui sépare les crochets du cobalt et du nickel.

Lorsqu'on augmente la teneur en nickel, le crochet Ex se rapproche de celui du phosphate de nickel (pour Co/Ni = 1/3, début du crochet à 720°).

Bobiérite. — Nous avons étudié le phosphate de synthèse. Le crochet Ex débute à 650° soit 80° plus bas qu'avec la hoernésite.

Phosphate mixte de cobalt et de magnésium Co/Mg = 1. Le crochet Ex débute à 620°.

Vivianite. — Nous avons utilisé un échantillon cristallisé en larges

plaques se clivant aisément en lamelles à peu près incolores qui bleuissaient rapidement à l'air. Le crochet Ex, qui débute vers 650° a moins d'acuité que sur les courbes précédentes peut-être parce que les phénomènes de recristallisation sont perturbés par l'oxydation du fer ferreux.

CONCLUSION. — L'analyse thermique différentielle est un procédé efficace pour distinguer les phosphates de nickel, de cobalt, de magnésium ou de fer, mais ne fait pas de différence entre ces deux derniers.

Seul, le phosphate de nickel recristallise après déshydratation à une température supérieure à celle de son homologue arsénié; les autres phosphates de la série recristallisent à température plus basse.

MINÉRALOGIE. — *Sur les efforts exercés par le plâtre et l'anhydrite au cours de leur hydratation.* Note de M. **JEAN SAHORES**, transmise par M. Charles Mauguin.

L'étude des gonflements et la détermination des efforts susceptibles d'apparaître au cours de l'hydratation de l'anhydrite intéressent particulièrement le géologue et l'ingénieur. Les valeurs des efforts proposées jusqu'à ce jour varient considérablement suivant les auteurs (de quelques kg/cm² à 700 kg/cm²) et cela a incité les ingénieurs à prendre des précautions exceptionnelles dans la protection des ouvrages d'art.

Le processus d'hydratation du semi-hydrate de calcium est le même que celui de l'anhydrite : mise en solution et précipitation de gypse. Le semi-hydrate étant plus soluble que l'anhydrite, le gypse formé à partir de solutions saturées doit exercer des poussées plus fortes dans son cas que dans celui de l'anhydrite; ainsi, les efforts mesurés sur le semi-hydrate sont une limite supérieure des efforts développés dans le cas de l'anhydrite [1]. D'autre part, la durée de prise du semi-hydrate est beaucoup moins longue que celle de l'anhydrite. Pour ces deux raisons, notre étude a été commencée sur le semi-hydrate.

La mesure des variations de pressions accompagnant l'hydratation du semi-hydrate à volume constant est difficile à interpréter à cause de la contraction inévitable en début de prise. Aussi avons-nous opéré à pression hydrostatique constante en mesurant les variations de volume du semi-hydrate.

Dispositif expérimental. — Le semi-hydrate est gâché dans une vessie de caoutchouc très mince avec une quantité d'eau déterminée; le gâchage a lieu sous vide pour éliminer les bulles d'air qui laisseraient une forte

(1) J. FARRAN et M. ORLIAC, *Comm. au 78e Congrès des Sociétés Savantes*, 1953, p. 189-192.

compressibilité à la pâte. La vessie, fermée hermétiquement sous vide, est placée dans une bombe en acier, remplie d'eau et surmontée d'un tube dilatométrique en pyrex ou en acier, selon la pression à laquelle on opère. La bombe est suffisamment épaisse pour être considérée comme indéformable. Elle est maintenue à pression constante par un réservoir d'air comprimé et placée dans un bac plein d'eau à température constante qui facilite l'élimination de la chaleur d'hydratation du plâtre, diminuant ainsi l'importance des corrections thermiques à apporter à la mesure des variations de niveau d'eau dans le tube dilatométrique. La température de l'eau est mesurée par couple thermoélectrique.

Le tube dilatométrique, étalonné avec soin, est l'une des pièces essentielles de l'appareil : il permet d'enregistrer les variations de volume par les variations de niveau du liquide. Nous avons adopté un procédé simple déjà connu en hydraulique : on détermine la conductance de la colonne liquide entre deux fils métalliques parallèles à l'axe du tube; cette conductance est, en principe, une fonction linéaire du niveau. Comme l'appareil ainsi constitué s'avère très sensible aux variations de température et de salinité de l'eau, nous avons dû l'améliorer avec le montage suivant, permettant de réaliser un étalonnage définitif (2) : on compare au pont de Kohlrausch à équilibrage automatique la conductance entre les sondes du tube de mesure, à la conductance entre les sondes complètement immergées d'un tube de référence identique toujours plein, relié à la bombe comme le tube de mesure. Les variations thermiques et les variations de salinité sont ainsi équilibrées et le rapport des conductances n'est alors rigoureusement fonction que du niveau de l'eau. Il est important pour la stabilité des mesures en courant alternatif industriel d'utiliser des électrodes en platine platiné.

Résultats. — Aux faibles pressions (2 kg/cm^2) par exemple), on observe un tassement au début de la réaction, suivi d'un gonflement pendant la cristallisation du gypse; la pression extérieure est inférieure à la poussée des cristaux. Aux fortes pressions (30 kg/cm^2 par exemple) le tassement initial subsiste et est prolongé par un tassement lent pendant toute la prise.

Nous avons déterminé la pression exactement nécessaire pour supprimer tout gonflement pendant la prise; cette pression équilibre alors la poussée maximum développée par le gypse au cours de sa formation. Elle se situe entre 6 et 10 kg/cm^2 selon les variétés de semi-hydrate commercial (plâtre), la proportion de gâchage et la quantité d'air occlus dans la pâte. Cette pression est très inférieure aux valeurs parfois avancées et sa connaissance,

(2) J. Lagasse et J. Nougaro, *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 56.

à laquelle nous nous proposons d'apporter de nouvelles précisions, est déjà une donnée importante dans les protections à prévoir pour certains ouvrages d'art.

CRISTALLOGRAPHIE. — *Sur la répartition des molécules dans le monocristal liquide, déduite des mesures de diffusion des rayons* X. Note de M. **Jean Falgueirettes**, transmise par M. Charles Mauguin.

Le monocristal liquide nématique est regardé comme formé d'essaims comprenant un grand nombre de molécules parallèles, ces essaims présentant des fluctuations d'orientation autour d'une direction moyenne : l'axe d'isotropie du milieu; soit Oz cette direction.

Pour décrire ce milieu, il faut donner la fonction de répartition angulaire des molécules. Soit $f(\theta)\,d\Omega$ le nombre de molécules par unité de volume, dont la direction d'allongement est à l'intérieur de l'angle solide $d\Omega$, angle solide dont la direction moyenne fait l'angle θ avec l'axe Oz. Les mesures de l'intensité de la diffusion des rayons X données dans une Note précédente (¹) permettent de trouver les valeurs de $f(\theta)$ en fonction de θ à une température déterminée.

Considérons comme élément diffusant l'ensemble d'une molécule et de ses premières voisines, ces molécules étant toutes parallèles entre elles et pouvant glisser l'une par rapport à l'autre. Nous admettons cet élément doué de libre rotation autour de l'axe d'allongement des molécules, soit Ov cet axe; l'angle θ suffit à en définir la position étant donnée la symétrie de révolution. Avec ces hypothèses, il n'y a alors possibilité de diffusion présentant des maxima importants que pour des vecteurs de diffusion situés dans le plan perpendiculaire à Ov. Nous appellerons r le module du vecteur de diffusion correspondant au maximum le plus important. Il a été admis ici que pour des vecteurs de diffusion de module r, l'intensité diffusée est constante tant que le pôle de diffusion reste en dehors du plan envisagé ci-dessus (plan perpendiculaire à Ov). Pour des vecteurs dans le plan, il faut ajouter en effet à l'intensité due à la molécule, l'intensité due aux interférences entre molécules; cette approximation est d'autant plus valable que le maximum est plus important.

Si l'on envisage maintenant le cas réel où les éléments diffusants ont des orientations variées avec symétrie de révolution autour de Oz, les éléments diffusants pour lesquels il y aura maximum de diffusion quand le pôle est placé en un point $M(r, \varphi)$ (avec $\varphi =$ angle du vecteur de diffusion avec Oz), seront ceux dont l'axe Ov est situé dans le plan perpendiculaire à OM, soit P ce plan. Ce plan est défini par θ_1, angle de la ligne de plus grande pente avec

(¹) J. Falgueirettes, *Comptes rendus*, 241, 1955, p. 71.

$Oz\,(\theta_1 = \pi/2 - \varphi)$. Les positions dans ce plan sont repérées par δ, angle de la direction envisagée avec la ligne de plus grande pente $(\cos\theta = \cos\theta_1 \cos\delta)$. Les éléments diffusants dont les axes sont parallèles au plan P sont en nombre proportionnel à $\int_{\delta=0}^{\delta=\pi/2} f(\theta)\,d\delta$.

Dans notre cas, les courbes de diffusion obtenues quand le pôle de diffusion se déplace sur une droite $\varphi = \text{const.}$, ne présentent pas de maximum observable à la distance r tant que φ est compris entre o et 11°30. On peut en déduire que pour θ compris entre 78°30 et 90°, $f(\theta)\,d\Omega = 0$ c'est-à-dire qu'à la température envisagée, il n'y a pas de molécule faisant avec Oz d'angle supérieur à 78°30.

Appelons $g(\varphi)$ l'intensité diffusée quand le pôle de diffusion est à φ, r. Dans l'intervalle où φ est compris entre o et 11°30, $g(\varphi) = g(0) = \text{const.}$ et représente uniquement la diffusion par les molécules supposées isolées. Nous avons donc la relation $g(\varphi) - g(0) = k\int_0^{\pi/2} f(\theta)\,d\delta$.

Posons $\cos\theta_1 = x$,

$$g(\varphi) - g(0) = G(x), \qquad f(\theta) = F(\cos\theta) = F(x\cos\delta).$$

La relation précédente prend alors la forme

$$G(x) = k\int_0^{\pi/2} F(x\cos\delta)\,d\delta.$$

Cette équation est une équation intégrale de Schlömich. Elle est susceptible d'inversion directe, toutefois il est plus commode d'en calculer une valeur approchée dans le cas où $G(x)$ est nul sur un segment $O - a$, ce qui est notre cas. Cette méthode permet d'effectuer le calcul de proche en proche par la méthode des trapèzes; ceci donne dans notre cas des nombres proportionnels au nombre de molécules par centimètre cube ayant une orientation donnée; d'où le tableau ci-dessous :

θ°........	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	78°30	90°
$kf(\theta)$.....	153	137	103	67	43	25	11	2	0	0

La répartition isotrope correspondrait à $kf(\theta) = 52$. Dès que θ dépasse 35°, le nombre de molécules devient rapidement très inférieur à celui du liquide isotrope.

Si l'on veut calculer le nombre absolu de molécules ayant une orientation déterminée, il faut connaître le coefficient k; il se calcule aisément en remarquant que $2\int_0^{\pi/2} f(\theta)\,2\pi\sin\theta\,d\theta = \nu =$ nombre de molécules par unité de volume, ce qui permet d'atteindre les valeurs absolues de $f(\theta)$, connaissant celles de $kf(\theta)$ et la densité du liquide.

On peut aussi calculer les valeurs moyennes de $\sin^2\theta$:

$$\overline{\sin^2\theta} = \frac{\int_0^{\pi/2} \sin^2\theta f(\theta) \sin\theta \, d\theta}{\int_0^{\pi/2} f(\theta) \sin\theta \, d\theta}.$$

Les valeurs de $kf(\theta)$ ci-dessus donnent $\overline{\sin^2\theta} = 0,27$ à 116°.

Ce résultat est important, car il se trouve en excellent accord avec la valeur de $\overline{\sin^2\theta}$ déterminée par P. Chatelain à partir de la mesure des indices [2].

GÉOLOGIE. — *Sur la position stratigraphique du fluvio-glaciaire de la basse vallée du Var.* Note (*) de M. **Jacques Bourcart**, présentée par M. Pierre Pruvost.

Les sables jaunes à blocaux que j'ai décrits dans une précédente Note [1], recouvrent toutes les formations dans lesquelles est entaillée la vallée du Var, du Trias aux poudingues « pliocènes ». Quand ces formations sont marneuses, elles ont été préalablement détrempées et les cailloux ou blocs y ont pénétré. Quand elles sont calcaires, la roche a été profondément *gelée* et transformée, mais irrégulièrement, en une *brèche* monogénique épaisse qui souvent a été notée sur la carte géologique comme « pontien » (brèche de Carros). Les conclusions tectoniques tirées de cette datation inexacte sont donc à réviser. En certains points, sous la coulée, on trouve des alluvions à éléments alpins très bien roulés et cimentés fortement par du calcaire. Elles ressemblent à celles du soubassement de l'usine électrique de la Courbaisse, en amont du confluent de la Tinée.

A la partie supérieure, la coulée fluvio-glaciaire inclut souvent de grandes lentilles de travertin à roseaux. Il en est de même des grands éboulis à pâte crayeuse qui recouvrent les pentes du Sénonien entre Villefranche et le Cap d'Ail. Une très belle lentille de ces travertins se trouve à Rossetti, à l'embouchure du torrent de Saint-Laurent-d'Èze. En ce point, des éboulis très cimentés à pâte rouge recouvrent les éboulis crayeux. Ils sont identiques à ceux du Cap d'Ail dont la base est marine (Tyrrhénien).

Au Cap Ferrat, en revanche, ce sont des vases ou des sables marins, où autrefois on a récolté la faune à Strombes et des dunes cimentées qui recouvrent ces éboulis crayeux.

Si l'on peut assimiler la formation de la Vésubie (Var) à celle à l'Est

---

(2) *Bull. Soc. franç. Min.*, 78, 1955 (à paraître).

(*) Séance du 4 juillet 1955.

(1) *Comptes rendus*, 241, 1955, p. 79.

de Villefranche, ces coulées seraient l'une et l'autre *antérieures* à la transgression dont proviennent, sur cette côte, tous les dépôts marins du Quaternaire ancien.

A la partie supérieure, le fluvio-glaciaire et les éboulis crayeux ont subi une altération pédologique qui se traduit par un très fort rougissement dû à une décalcification, suivie d'une oxydation de leur fer. Dans d'autres cas, des limons rouges, totalement indépendants, remplissent les talwegs qui y sont creusés ou recouvrent des surfaces plates : « plans » ou « collets », témoins de l'ancien paysage. Ils y sont aussi surmontés par d'énormes éboulements à pâte rouge. Les limons rouges prennent de plus en plus d'importance vers le Sud, vers la Baie des Anges : à la gare de Nice-Saint-Augustin, le cailloutis qui est à leur base, très bien roulé, est certainement un cordon littoral. On retrouve le même type de cailloutis à partir de Cagnes (gare) et jusqu'à Antibes. Ce sont ces cailloutis qui, dans la célèbre coupe de Vaugrenier, recouvrent les sables marins à *Tellina planata.* F. Ottmann (²) les considère comme marquant le début de la grande régression qui est générale sur toute la côte. Quelle que soit la cause de cette régression, elle correspond toujours à un *apport nouveau* de matériaux continentaux et à des éboulements très importants. C'est cet ensemble de phénomènes qui justifie, selon moi, l'existence d'un cycle que j'ai appelé *grimaldien.*

Les recherches de A. C. Blanc dans les Marais Pontins ont montré qu'au début de ce cycle régnait un climat tempéré avec de la vigne et qu'un refroidissement progressif y avait permis l'installation d'une forêt de sapins. Le cycle grimaldien correspondrait donc au début de la détérioration de climat qui a été une des causes de la dernière glaciation, habituellement qualifiée de wurmienne.

Le cycle auquel appartiennent les coulées boueuses du Var et les alluvions crayeuses est totalement indépendant du Grimaldien. Il témoigne d'une glaciation antérieure au « Wurmien », mais aussi d'un creusement préalable important des vallées, marqué par les alluvions alpines cimentées.

GÉOLOGIE. — *Sur l'origine du minerai de pyrite du Soulier (Gard).* Note (*) de M. **André Bernard**, présentée par M. Pierre Pruvost.

Les conditions sédimentologiques particulières à une zone de haut fond dans une lagune triasique justifient l'hypothèse d'une origine sédimentaire, diagénétique, du gisement de pyrite du Soulier.

(²) *Bull. Soc. Géol. Fr.*, (6), 3, 1953, p. 67-84.

(*) Séance du 4 juillet 1955.

La petite concession du Soulier (pyrite, zinc, plomb et métaux connexes) est située au Nord immédiat d'Alès, près de Tamaris. Les minéralisations affectent les terrains de la bordure Sud-Est du bassin sédimentaire triasique et liasique du Nord d'Alès. Les nombreux sondages de recherche houillère (bassins de la Grand-Combe et de Rochebelle) ont permis récemment à J. Louis [1] d'apporter des précisions sur la tectonique des morts-terrains. Une première étude sédimentologique du Trias de ce bassin [2] montre qu'il s'agit d'une sédimentation épicontinentale, à évaporites, alimentée par un apport détritique puissant.

L'étude comparative du bassin du Nord d'Alès et du bassin de « Mialet-Thoiras » montre l'existence d'un faciès très particulier des formations triasiques le long de la bordure Sud-Est, faillée, de ces deux bassins. Le Keuper en particulier est très réduit (15 à 20 m près de Carnoules, 5 à 10 m à Saint-Félix-de-Paillères) : il s'agit d'argiles noires bitumineuses, plus ou moins dolomitiques, passant latéralement vers le centre du bassin aux puissantes formations de marnes bigarrées salifères. L'étude stratigraphique et tectonique de la bordure Sud-Est du bassin de Mialet-Thoiras, montre que ce faciès du Trias correspond à une zone de haut fond, fonctionnant en horst pendant le Trias supérieur et le Lias inférieur. Cette barrière, limitant la lagune triasique vers le large, est nettement marquée quand son substratum est granitique; elle s'atténue au Nord-Est dans la région du Soulier (substratum houiller). Le gisement du Soulier se situe au Nord-Ouest immédiat de ce haut fond triasique.

Métallogénie du Soulier. — Les indices minéralisés superficiels sont extrêmement abondants dans la concession dont la partie Sud peut être considérée comme un immense chapeau de fer. Indépendamment d'un affleurement de barytine (lentille interstratifiée dans les marnes du Keuper supérieur) près du Puits de Fontanes, seuls les travaux miniers révèlent la minéralisation hypogène suivante :

1° Vieux travaux du village du Soulier : d'après les rapports miniers et les déblais, ce gisement est une couche lenticulaire de marcassite, avec localement pyrite et melnicovite, interstratifiée dans les marnes noires du sommet du Keuper inférieur. Au même niveau stratigraphique des travaux ultérieurs rencontrèrent une lentille de barytine minéralisée très accessoirement en sulfures.

2° Travaux actuels : la Société Pechiney exploite un amas pyriteux situé, en majeure partie, dans les dolomies du Lias inférieur. Si l'ensemble est concordant avec la stratification, les structures de détail, à l'échelle du chantier ou de la galerie, montrent de très nombreux indices de rema-

(1) *Trav. Lab. Géol. Fac. Sc. Lyon*, nouv. série, n° 1, 1954.

(2) J.-P. Destombes, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 2336.

niements de la minéralisation. Celle-ci est constituée par de la marcassite, de la melnicovite, accessoirement de la pyrite. La gangue est rare, siliceuse et argileuse (argiles noires à illite prédominante sur kaolinite). Le minerai présente de très nombreux concrétionnements concentriques ou radiés, ainsi que des recristallisations en mosaïque de grains de pyrite. Chimiquement on ne note que des traces de cuivre, plomb, zinc, arsenic (moins de 0,5 % sur le tout-venant d'exploitation). Le thallium est assez constant (0,040 %) ainsi que le chlore et le fluor (0,020 %).

On retrouve au Soulier, une répartition des faciès minéralisés et sédimentaires, analogue à celle relevée dans la région de Saint-Félix-de-Paillères. Sur le haut fond et en bordure, le Keuper est peu puissant, constitué par des marnes noires minéralisées en sulfures. En s'éloignant du haut fond, ces formations passent latéralement en augmentant de puissance à des marnes bigarrées minéralisées en sulfates (anhydrite, gypse ou barytine.) L'augmentation de puissance correspond à une subsidence très marquée des bassins dans les zones salifères à sulfates. Des faits analogues ont été signalés récemment à Meggen (3).

Hypothèse génétique proposée. — Il ne semble pas que l'on puisse retenir pour ce gisement une origine effusive-hydrothermale, magmatogène, sous-marine, comme cela a été proposé à Meggen, tout volcanisme post-hercynien, et plus particulièrement triasique, étant inconnu dans la région étudiée.

MM. J. Bourcart et J. Ricour (4) ont proposé récemment une hypothèse très séduisante sur la genèse des sulfates en série salifère, par cristallisation diagénétique à partir d'eaux de gisement (5) d'une part, par oxydation des sulfures d'autre part. Le paysage de grandes vasières qu'ils suggèrent s'accorde parfaitement avec les résultats pétrographiques et paléogéographiques cités plus haut. Cependant, la concentration des métaux lourds et du soufre dans le faciès marnes noires implique des conditions de sédimentation différentes de celles du faciès marnes bigarrées à sulfates. En première hypothèse, le Eh (6) du milieu ainsi que la présence ou l'absence de bactéries anaérobies réductrices des sulfates permettraient d'expliquer ces différences. Par ailleurs, si l'oxydation des sulfures en sulfates dans les conditions atmosphériques oxydantes est un fait indéniable, il semble beaucoup plus difficile d'admettre une telle oxydation en milieu enfoui, le plus souvent réducteur. En conclusion, l'hypothèse de la cristallisation

(3) H. Ehrenberg, A. Pilger, F. Schröder, *in* E. Raguin, *Ann. des Mines*, fév.-mars 1955, p. 56-60.

(4) *C. R.* 19e *Congrès Géol. Int.*, Alger, 13, 1954, p. 35-47.

(5) « Connate waters » des Anglo-Saxons.

(6) Potentiel d'oxydoréduction.

diagénétique des sulfates et des sulfures, dans des conditions physico-chimiques peu différentes de celles du milieu de sédimentation, suffirait pour expliquer la genèse des minéralisations hypogènes du Soulier.

SÉDIMENTOLOGIE. — *Les variations de la composition minéralogique des vases.* Note (*) de M. **Léopold Berthois**, présentée par M. Pierre Pruvost.

La vase est un sédiment polygénique dont les caractères minéralogiques dépendent essentiellement des apports terrigènes locaux.

La vase est un sédiment complexe formé, suivant J. Bourcart (1), d'un « squelette minéral » dans lequel on peut également inclure une fraction argileuse précolloïdale ou colloïdale.

La vase contient également de l'humus, des hydrosulfures de fer, ainsi que des éléments organogènes : algues monocellulaires, bactéries, etc., et les tests des organismes les plus variés (diatomées, foraminifères calcaires, spicules de spongiaires, etc.).

Quelle que soit l'importance du rôle joué dans l'évolution de la vase par sa faune et sa flore, il n'en est pas moins vrai, qu'exception faite de conditions très spéciales, ces dernières ne représentent pondéralement et spacialement qu'un faible pourcentage de l'ensemble.

La fraction minéralogique de la vase qui constitue souvent plus de 90 % du résidu sec peut offrir des variations très importantes suivant son origine et les conditions de sédimentation.

J'ai réuni quelques données dans le tableau suivant.

L'examen de ce tableau montre que :

1° La vase est un sédiment polymorphe dans lequel la fraction minéralogique peut posséder une granulométrie extrêmement variable.

2° L'étude granulométrique et minéralogique indique qu'il y a toujours, à l'échelle locale, dans la zone de balancement des marées, une parenté extrêmement étroite entre les dépôts anciens voisins et la fraction minéralogique de la vase. Celle-ci est formée :

a. Dans les vallées de la Rance, du Jaudy et du Trieux par le lessivage sur place des limons quaternaires;

b. A l'Ile Grande par le sable quartzofeldspathique provenant du lessivage de l'arène de la roche cristalline;

c. Dans la Baie d'Aiguillon par le bricharentais, dans le Bassin d'Arcachon par l'argile quaternaire de l'Ile-aux-Oiseaux.

Sans minimiser l'importance des apports organiques marins (spicules,

(*) Séance du 4 juillet 1955.

(1) *Comptes rendus*, 225, 1947, p. 137.

diatomées, etc.), ces constatations montrent le caractère polygénique de la vase dont la composition minéralogique dépend essentiellement des apports terrigènes locaux.

3° La comparaison des granulométries et des compositions minéralogiques des stations 642 et 815 (dragages du *Président Th. Tissier*) révèle que les vases du plateau continental du Golfe de Gascogne n'échappent pas à cette règle générale.

Provenance.		Diamètre du grain moyen (μ).	Azote total (%).	Minéraux dominants de la fraction fine.		
				Illite.	Kaolinite.	Montmorillonite.
Vallée de la Rance.	Limon...........	23	–	Ab	r	–
	Schorre..........	30	0,11	Ab	r	–
	Slikke...........	26	0,11	Ab	r	–
Vallée du Jaudy.	Limon...........	55	–	Ab	P. ab	–
	Slikke...........	48	0,76	Ab	P. ab	–
» »	Limon...........	40	–	P. ab	Ab	–
	Slikke...........	30	0,92	P. ab	Ab	–
Ile Grande.	Slikke...........	220	0,70	–	–	–
Golfe de Gascogne.	St. 642..........	2,5	0,37	Ab	P. ab	–
	St. 815..........	250	0,14	Ab	P. ab	–
Bassin d'Arcachon (*).	Argile quaternaire.	–	0,18	Ab	30%	–
	Slikke...........	–	0,19–0,24	Ab	25	15%
Baie d'Aiguillon (*).	Slikke...........	–	0,29	Ab	30	10
Fontenay (*).	Bri (quaternaire)..	–	0,17	Ab	25	30
La Courre (*).	» ..	–	–	Ab	25	30
Vallée de La Charente (*) :						
Fort Lupin.	Slikke...........	–	–	Ab	ass. Ab	10
Bouchon vaseux (suspension)..........		–	–	Ab	ass. Ab	10

Ab, abondant; ass. Ab, assez abondant; P. ab, peu abondant; r, rare.
St. 642. Lat. N. 47°37'6". Long. W. Gr. 4°9'30". Prof. 100 m.
St. 815. Lat. N. 47°. Long. W. Gr. 3°45'. Prof. 110 m.
(*) Renseignements communiqués par J. Debyser.

MÉTÉOROLOGIE. — *Influence des dimensions des noyaux de congélation sur la température de congélation de l'eau.* Note de Mlle **Maud Bayardelle**, présentée par M. André Danjon.

L'expérience montre que la surfusion de l'eau cesse à une température d'autant plus basse que les noyaux qu'elle contient sont plus petits. Ce phénomène se relie au fait, signalé par un autre auteur, qu'un noyau n'est actif que par une partie de sa surface.

Dans un travail consacré à l'étude de la surfusion de l'eau, N. E. Dorsey (1)

(1) *Journ. Res. Nat. Bur. of Stand.*, 20, 1938, p. 799-808.

a émis l'hypothèse que les noyaux de congélation étaient d'autant moins actifs qu'ils étaient plus petits.

Nous nous sommes proposé de vérifier expérimentalement cette hypothèse, en utilisant des noyaux d'une espèce unique et de dimensions variées, constitués par des particules d'iodure d'argent. Dans ce but, nous avons utilisé un précipité d'iodure d'argent, abondamment lavé à l'eau bidistillée, séché, fondu, refroidi lentement et fractionné mécaniquement. Les particules d'iodure d'argent ainsi obtenues sont alors introduites dans un récipient soigneusement nettoyé au mélange sulfochromique et contenant de l'eau plusieurs fois distillée, les deux dernières opérations étant faites en présence de permanganate de potassium puis de baryte ; cette eau se maintient en surfusion jusqu'à des températures comprises entre — 17° et — 23° C, suivant l'échantillon étudié.

La suspension grossière d'iodure d'argent dans l'eau ainsi obtenue est, après agitation, renversée sur des filtres de porosités diverses, constitués par du verre fritté ou du collodion. Le filtrat est recueilli dans un tube enduit intérieurement d'un vernis au silicone et fermé avec soin, qu'on place ensuite dans un bain réfrigéré.

Le tableau ci-dessous résume les résultats obtenus; *a* désigne la dimension moyenne du diamètre des pores du filtre; T, T_1 et T_2 la température moyenne et les températures extrêmes de congélation relevées au cours des mesures.

a (μ).	T (°C).	T_1 (°C).	T_2 (°C).
2000	— 2,0	— 1,0	— 3,3
65	— 3,9	— 2,1	— 4,5
30	— 6,7	— 5,7	— 8,2
10	— 9,1	— 5,2	—12,8
0,025	—13,2	—10,3	—15,0

Il semble que l'influence des dimensions du noyau, conforme à l'hypothèse de Dorsey, doive être reliée au phénomène qu'a récemment signalé G. Soulage ([2]) : l'activité du noyau à une température donnée est due à l'existence de régions privilégiées de faibles dimensions. On doit donc s'attendre à ce qu'un petit noyau ait une faible probabilité de contenir une partie active à une température relativement élevée, ce que confirment les expériences relatées ci-dessus. On peut de plus formuler l'hypothèse que cette région privilégiée est liée à un défaut du réseau cristallin dont la maille se rapprocherait alors de celle de la glace.

([2]) *Comptes rendus*, 240, 1955, p. 2168.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *De quelques composés du soufre assimilables par les tissus végétaux cultivés* in vitro. Note de M. **René Heller**, présentée par M. Raoul Combes.

Le soufre est assimilable sous des formes très diverses : sulfates, sulfites, sulfures, cystéine, glutathion, méthionine. Toutefois, aux doses trophiques, les sulfures, le glutathion et la méthionine sont légèrement toxiques, ce qui permet d'expliquer certains résultats négatifs. La taurine, elle, est trop toxique pour pouvoir être utilisée.

Le soufre, élément indispensable à la vie des plantes, leur est normalement fourni, aux champs comme au laboratoire, sous la forme de sulfates. Pourtant, il semble bien que ce ne soit pas à l'état de radical sulfurique que cet élément intervienne dans le métabolisme cellulaire (1); on pouvait donc se demander si d'autres substances que les sulfates ne pourraient pas contenir du soufre assimilable. L. P. Miller (2) montra que la méthionine pouvait être utilisée pour supprimer les effets de la carence en soufre (plantules de Tabac et de Tomate). Par contre, L. G. Nickell et P. R. Burkholder (3), travaillant sur des tissus virosés de *Rumex*, aboutirent à des conclusions opposées, seuls les sulfates, les sulfites et la cystéine permettant une croissance normale, contrairement à la méthionine, au glutathion et aux sulfures.

J'ai donc jugé utile de reprendre cette question en m'adressant à des tissus sains de Carotte, cultivés *in vitro*, qui sont très sensibles à la carence en soufre (4). Les cultures furent effectuées dans les conditions habituelles (5).

Pour chaque substance étudiée, il était réalisé quatre types de milieux : un milieu sans soufre et trois milieux où le soufre était introduit aux concentrations respectives de 0,5 mM (16 mg/l), 1 et 2 mM. C'est en effet au voisinage de 1 mM que se situe l'optimum de la concentration du soufre pour les cultures de tissus. Comme certains composés devaient être introduits à l'état de sels de sodium, et que ce dernier élément ne peut être considéré comme totalement inactif vis-à-vis des tissus végétaux, des doses convenables de Na Cl étaient éventuellement ajoutées aux milieux pour égaliser les teneurs en sodium, seule variant la concentration du chlore, élément beaucoup moins actif.

---

(1) J. G. Wood, *Chron. Bot.*, 7, 1942, p. 1-4; F. A. Gilbert, *Bot. Rev.*, 17, 1951, p. 671-691.

(2) *Contrib. Boyce Thompson Inst.*, 14, 1947, p. 443-456.

(3) *Amer. J. Bot.*, 37, 1950, p. 538-547.

(4) R. Heller, *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 845.

(5) R. Heller, *Thèse*, Fac. Sc., Paris, 1953 et *Ann. Sc. Nat. Bot.*, 11e série, 14, p. 1-223.

De telles séries furent constituées pour le sulfate, le sulfite et le sulfure (de sodium) ainsi que pour la cystéine, le glutathion, la méthionine et la taurine. Les pH de tous les milieux furent ajustés à une valeur voisine de 6, ce qui obligea à relever sensiblement le pH des milieux avec glutathion et avec cystéine, à abaisser au contraire celui des milieux contenant des sulfures.

Le tableau suivant indique la croissance moyenne (augmentation du poids frais, en centigrammes; moyennes calculées sur 12 valeurs) de colonies cultivées sur ces différents milieux pendant quatre mois, avec un repiquage à la fin du deuxième; le poids initial des explantats était de 150 mg.

	Concentrations en soufre (mM).			
Sources de soufre.	0.	0,5.	1.	2.
Sulfate de sodium	15	401	463	483
Sulfite de sodium	22	442	468	425
Sulfure de sodium	26	539	417	473
Cystéine (chlorhydrate)	26	364	415	319
Glutathion	21	646	557	352
Méthionine	16	465	449	171
Taurine	19	13	3	4

Toutes les substances étudiées, à l'exception de la taurine, ont été des sources convenables de soufre. Nos conclusions sont donc différentes de celles de Nickell et Burkholder, en ce qui concerne la méthionine, le glutathion et le sulfure.

De nouvelles séries d'expériences furent effectuées qui m'ont redonné les mêmes résultats. Cependant, dans certains cas, où les tissus s'étaient mal développés et avaient témoigné d'une grande fragilité, les cultures sur méthionine avaient nettement plus souffert que sur les autres milieux, ce qui laissait supposer une certaine toxicité de la substance. Une nouvelle série d'essais fut donc entreprise. Un milieu nutritif complet *avec sulfate* (1 mM) fut utilisé comme milieu de base, auquel était ajoutée, suivant les lots, l'une ou l'autre des substances (1 mM). Un témoin sans aucune addition fut également prévu : les croissances, mesurées comme précédemment, furent les suivantes (en centigrammes) :

Milieu de base (avec sulfate 1 mM)	174	Milieu de base + glutathion	133
» + sulfate surajouté	162	» + sulfure	125
» + sulfite	168	» + méthionine	109
» + cystéine	136	» + taurine	69

On voit donc que la substance la plus toxique est la taurine, qui s'est toujours révélée inutilisable comme source de soufre; puis viennent les trois composés (méthionine, sulfure, glutathion) sur lesquels il y avait

divergence entre les conclusions de Nickell et Burkholder et mes propres résultats. Compte tenu de ce que la méthionine, qui m'a quelquefois fourni des réponses incertaines, est précisément la plus toxique de ces trois dernières formes, il semble légitime d'attribuer cette divergence à une différence dans la fragilité des souches. Les tissus étudiés par Nickell et Burkholder sont en effet des tissus pathologiques et les colonies sont obtenues à partir d'explantats nettement plus petits (40 mg) que ceux que j'ai moi-même employés, ce qui diminue leur résistance, comme l'atteste la grande variabilité de leur croissance ([5]).

Il semble donc démontré que les tissus végétaux en culture sont aptes à assimiler le soufre à partir de substances très diverses, sous réserve qu'ils soient suffisamment vigoureux pour résister à une toxicité éventuelle de ces substances.

MORPHOLOGIE VÉGÉTALE EXPÉRIMENTALE. — *Révélation par l'acide 2.4-dichlorophénoxyacétique, chez* Lilium candidum *L., d'un caractère morphologique latent commun d'autres espèces du genre* Lilium *ainsi qu'à divers genres de Liliacées et diverses familles de monocotylédones*. Note (*) de M. **Pierre Gavaudan** et Mlle **Germaine Debraux**, transmise par M. Robert Courrier.

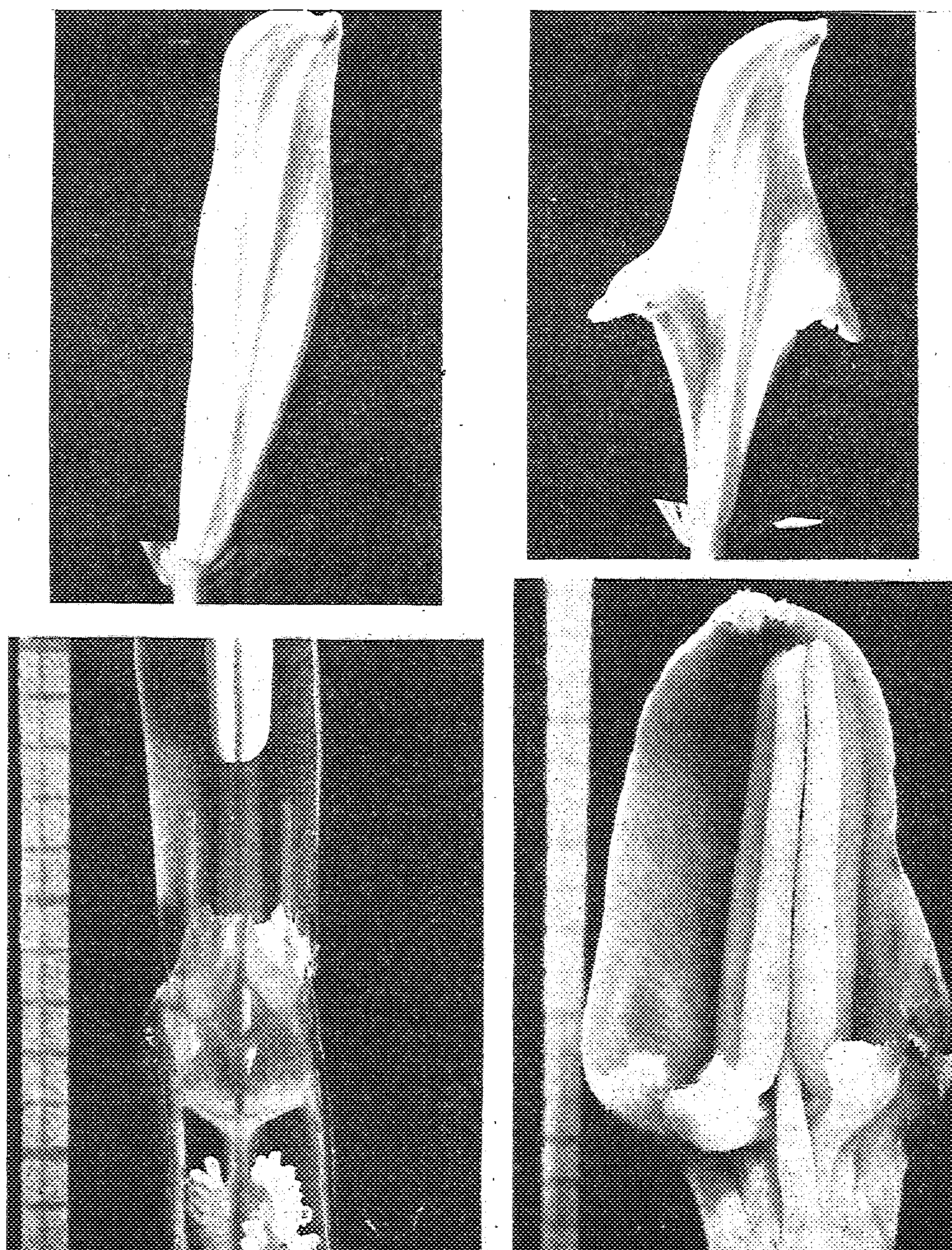
Nous avons observé l'an dernier que, par injection ou par pulvérisation de solutions d'acide 2.4-dichlorophénoxyacétique (2.4-D) on induisait chez *Lilium candidum* L. une série de morphoses caractéristiques réalisant des phénocopies de caractères floraux inconnus à l'état normal chez cette plante. Rappelons que nous avions obtenu ([1]) la soudure des pièces périanthaires en tube, la monadelphie, la réduction de la fleur au type 4, la production de carpelles surnuméraires et de tépales externes hastés. Cette dernière modification, extrêmement spectaculaire, transforme complètement la fleur de Lis. La figure en haut à droite, représentant un de ces tépales externes hastés vu de dos, souligne l'importance de la transformation qui donne à ces pièces des oreillettes pourvues de poils analogues à ceux que portent les apex des tépales et les stigmates.

La signification exacte de cette morphose nous a échappé jusqu'à la nouvelle campagne expérimentale de 1954-1955. Laissant de côté tous les autres phénomènes observés, nous ne nous occuperons ici que des tépales hastés. Deux traitements pratiqués en avril-mai ont suffi à les faire apparaître avec une très grande régularité chez toutes les plantes mises en expérience.

(*) Séance du 4 juillet 1955.

([1]) G. Debraux et P. Gavaudan, *Trav. Lab. Biol. vég. Fac. Sc. Poitiers*, 1954, n° 7, 6 p., fig. et *Congrès Assoc. franç. Avanc. Sc.*, Poitiers, 1954 (à l'impression).

Cependant, cette année, non seulement *tous les tépales externes et internes sont hastés*, mais la présence des oreillettes est le plus souvent accompagnée de celle de *formations ligulaires ventrales et poilues* avec lesquelles elles sont en conti-



En haut, deux tépales externes de *Lilium candidum* : *à gauche*, tépale normal; *à droite*, tépale hast *En bas*, *à gauche*, tépale de *Bilbergia* montrant les deux vasques latérales entre lesquelles s'insinue l'étamine (sur le côté, échelle millimétrique); *à droite*, tépale interne de *Lilium candidum* montrant les deux formations sacculaires poilues entre lesquelles s'insinue l'étamine, comme dans le *Bilbergia* (échelle millimétrique).

nuité. Ces ligules sont parfois des sacs jumeaux bordés de poils analogues à ceux des oreillettes des tépales hastés ou des stigmates (*figure*). Certes, très curieuse en soi, cette observation serait néanmoins d'une portée limitée et d'une explication difficile sans son rapprochement de l'existence des diverses formations tépalaires ventrales connues des systématiciens chez diverses monocotylédones et dont certaines sont assimilées à des nectaires : citons les crêtes internes des *Lilium Martagon*, *L. regale*, *Gloriosa*, les fossettes des *Lloydia*, les sacs des *Erythronium*, les vasques des *Bilbergia* (*fig.*). Il ne fait aucun doute que les néoformations ventrales induites chez *Lilium candidum* L. sont homologues des formations précédentes, les unes et les autres étant d'origine ligulaire. Ainsi, les oreillettes des hastes cessent d'être mystérieuses car leur localisation et leurs caractères morphologiques, de même que leur ontogénèse, sont ici liés à ceux d'une ligule.

Le 2.4-D exerce ainsi une véritable action « *génomimétique* » puisqu'il induit la genèse de caractères morphologiques spécifiques inconnus chez *Lilium candidum* L. et présents chez diverses monocotylédones. Son utilisation ouvre la voie à une exploration systématique des caractères floraux latents qui pourrait être utile à la phylogénie et à la systématique.

BOTANIQUE. — *Étude du prodesmogène chez* Glaucium flavum *Crantz.* (*Papavéracées*). Note (*) de M. Gaston Bersillon, présentée par M. Roger Heim.

Chez *Glaucium flavum* Crantz. les cordons procambiaux de la pousse feuillée se différencient exclusivement à partir d'un méristème, le *prodesmogène*, disposé en forme de manchon entre la moelle et le parenchyme cortical. Dérivé de l'anneau initial épargné par la parenchymatisation, le prodesmogène est un méristème réservé dont le rôle est d'assurer la différenciation même tardive des cordons procambiaux.

L'origine des tissus conducteurs est un des problèmes les plus importants que pose l'histogenèse de la pousse feuillée. Chaque faisceau libéroligneux existe d'abord sous la forme d'un cordon procambial; le procambium, caractérisé par la forme et la disposition de ses cellules, est un véritable précurseur des tissus conducteurs. C'est donc l'origine des cordons procambiaux eux-mêmes qu'il convient de rechercher.

Considérons une coupe transversale pratiquée dans une jeune tige de *Glaucium flavum* Crantz. (*fig.* 1), au niveau où s'insère la feuille F_{n-4} (F_n désignant la dernière feuille actuellement formée). On y distingue sans peine, entre la moelle et le parenchyme cortical, un anneau continu de méristème; dans cet anneau apparaissent les sections des cordons procambiaux desservant les ébauches foliaires sus-jacentes. L'examen d'un certain nombre de coupes

(*) Séance du 4 juillet 1955.

pratiquées à des niveaux voisins montre que les cordons procambiaux sont exclusivement localisés au sein de ce méristème disposé en forme de manchon. De toute évidence, le procambium tire son origine de ce méristème auquel Louis a donné le nom de *prodesmogène* (1935).

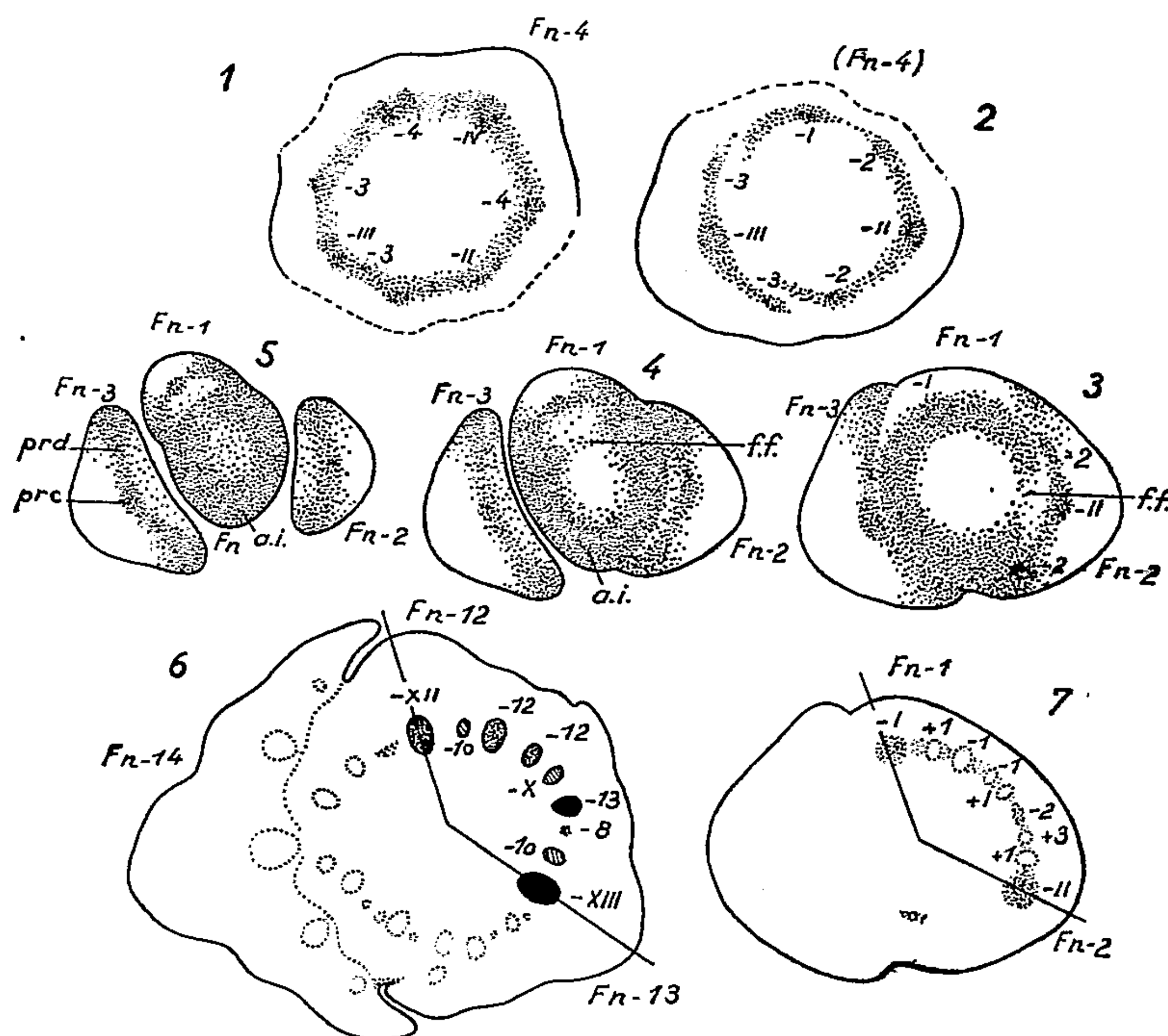


Fig. 1 à 5 : Série de coupes transversales pratiquées dans la partie supérieure d'une tige de *Glaucium flavum* Crantz. Les coupes sont échelonnées de bas en haut depuis l'insertion de la feuille F_{n-4} (*fig.* 1) jusqu'à celle de la feuille F_{n-1} (*fig.* 5).

Fig. 6 et 7. — La figure 7 représente la même coupe que la figure 3. Par comparaison avec une région plus âgée de la même tige (*fig.* 6), on peut prévoir, à ce niveau, la différenciation ultérieure de nouveaux cordons procambiaux et même préciser leur destination. (*Cf.* le texte). Les chiffres qui accompagnent les cordons procambiaux indiquent à quelles feuilles ils sont destinés.

Dans les ébauches foliaires (*voir* F_{n-3}, *fig.* 5, par exemple), entre le parenchyme dorsal et le parenchyme ventral, le prodesmogène se retrouve sous la forme d'une lame incurvée (prd.) au sein de laquelle un cordon procambial est déjà différencié (prc.).

Dans la tige, le prodesmogène n'est complètement individualisé qu'au-dessous de l'insertion des trois dernières ébauches foliaires (*fig.* 2). Le manchon prodesmogénique caulinaire est le prolongement des lames prodesmogéniques sus-jacentes. D'autre part, au niveau de l'insertion d'une ébauche (F_{n-1}, *fig.* 4 et 5), l'anneau initial (a. i.) est localement interrompu par une fenêtre foliaire parenchymateuse (f. f.) et la lame prodesmogénique de l'ébauche, s'encastrant dans cette fenêtre (*fig.* 3 et 4), se raccorde étroitement à l'anneau initial : il y

a donc, à ce niveau, continuité parfaite entre le prodesmogène et l'anneau initial.

Dans la tige, comme dans les ébauches foliaires, le prodesmogène s'individualise par la parenchymatisation des territoires adjacents : le prodesmogène est donc incontestablement dérivé de l'anneau initial avec lequel il reste toujours en continuité.

Le prodesmogène ne présente pas de caractères cytologiques remarquables : sa nature méristématique se reconnaît à la petite taille de ses cellules ainsi qu'à leur contenu dense et faiblement vacuolisé; mais, à la différence du procambium, ni la forme, ni la disposition des cellules ne sont vraiment caractéristiques. En somme, le prodesmogène est surtout défini par contraste avec les parenchymes adjacents.

Le prodesmogène assure la différenciation ultérieure des cordons procambiaux desservant les feuilles nouvelles, cordons qui traversent un grand nombre d'entre-nœuds. Considérons, en effet, une région relativement âgée de la tige (*fig.* 6) : dans le secteur compris entre les faisceaux médians des feuilles F_{n-12} et F_{n-13}, se situent sept faisceaux desservant les feuilles F_{n-13}, F_{n-12}, F_{n-10}, F_{n-8}; considérons maintenant, au voisinage du sommet de la tige, un secteur homologue du précédent, c'est-à-dire limité par les cordons médians de deux feuilles successives F_{n-2} et F_{n-1} (*fig.* 3 et 7). Entre les deux cordons qui définissent ce secteur, un seul cordon est actuellement différencié (*fig.* 3) à destination de F_{n-2}. Par homologie avec la région plus âgée, nous pouvons prévoir, dans ce secteur, la différenciation ultérieure de six cordons procambiaux (*fig.* 7) qui desserviront les feuilles F_{n-1}, F_{n+1} et F_{n+3} (ces deux dernières feuilles ne sont pas encore actuellement formées).

D'autre part, les portions de prodesmogène qui n'évoluent pas en cordons procambiaux se parenchymatisent et forment les rayons médullaires; mais l'activité mitotique renaît ultérieurement dans ces rayons médullaires et des cloisonnements tangentiels répétés organisent un cambium interfasciculaire, qui se raccorde au cambium intrafasciculaire beaucoup plus précocement formé. Ainsi le prodesmogène se trouve-t-il à l'origine de tous les tissus conducteurs de la tige feuillée.

Il est certain, d'après cette étude, que le prodesmogène ne saurait être considéré comme un histogène indépendant, préexistant à la formation des ébauches foliaires et susceptible, de ce fait, d'être individualisé dans l'apex lui-même. C'est, je pense, la crainte d'une confusion de cette sorte qui a rendu certains auteurs (Ball, Esau) si réticents pour admettre l'existence du prodesmogène dans les plantes qu'ils ont examinées.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Sur une Rubiacée d'Afrique Équatoriale Française : le* Leptactina densiflora *Hook. f.* Note (*) de M. **René Raymond Paris** et Mlle **Jacqueline Caiment-Le Blond**, présentée par M. René Souèges.

Des feuilles du *Leptactina densiflora* a été séparé un alcaloïde cristallisé de F 195-196° donnant les réactions colorées des dérivés indoliques et possédant un groupement méthoxyle. Pour cette substance est proposée la formule $C_{13}H_{16}N_2O$ et le nom de *leptaflorine*.

Le *Leptactina densiflora* est un arbrisseau d'Afrique tropicale; par l'intermédiaire de M. Bégué, nous avons reçu des échantillons de feuilles de cet arbuste. Les essais préliminaires ayant montré l'existence d'alcaloïdes dans cette drogue, nous avons tenté l'extraction de ces substances. Après quelques tâtonnements, le procédé suivant a été adopté : les feuilles, réduites en poudre grossière et dégraissées à l'éther de pétrole dans un appareil de Soxhlet, sont traitées en milieu ammoniacal par de l'éther. Les liqueurs éthérées sont agitées à plusieurs reprises avec de l'acide chlorhydrique à 5 %; les solutions acides sont alcalinisées par l'ammoniaque puis épuisées par l'éther. Après déshydratation sur le sulfate de sodium anhydre et concentration sous pression réduite, on obtient les alcaloïdes bruts sous forme d'écailles jaunâtres (rendement 0,50 %) à odeur aminée, s'altérant assez rapidement à l'air en prenant une teinte rougeâtre et un aspect résineux; de ce fait la purification est délicate. Celle-ci peut s'effectuer par cristallisation dans différents solvants, notamment dans l'acétone, ou encore par chromatographie sur colonne, en utilisant comme adsorbant l'alumine ou mieux la cellulose, le meilleur éluant étant le benzène pur ou additionné de petites quantités d'éther. Par concentration ménagée des solvants, sont obtenues des houppes cristallines de F 195-196° (bloc Maquenne). La sublimation sous pression de 0,01 mm de mercure donne des aiguilles blanches, brillantes de même point de fusion. Cet alcaloïde insoluble dans l'eau et l'éther de pétrole, peu soluble dans l'éther, l'est davantage dans le benzène, l'acétate d'éthyle et le méthanol. En milieu alcoolique ont pu être isolés à l'état cristallisé un picrate en prismes rouge vif (F 260°) et un oxalate F 217-218°. Le spectre d'absorption dans l'ultraviolet, déterminé sur une solution alcoolique à 1.10^{-5}, présente un premier maximum à 2 200 Å, un minimum à 2 780 Å et un deuxième maximum à 2 940 Å. Le spectre infrarouge effectué avec une suspension dans le nujol montre notamment une bande vers 3 μ (groupement NH) et une autre vers 12,4 μ (benzène trisubstitué). Soumis à l'analyse chromatographique sur papier (Durieux n° 122), avec comme phase solvante le

(*) Séance du 4 juillet 1955.

mélange éther de pétrole (É 80°), alcool isoamylique, acide acétique, eau 3-9-9-9 (en volume) et comme révélateur le réactif de Draggendorff-Munier, cette substance fournit une tache orangé de R_f 0,59. L'analyse élémentaire donne les résultats suivants (en %) : C 71,53; H 7,35; N 12,78; la teneur en méthoxyle est de 14,599; nous proposons la formule $C_{13}H_{16}N_2O$ correspondant (en %) à C 71,22; H 7,40; N 12,96; OCH_3 14,35. Cet alcaloïde présente les réactions colorées des dérivés indoliques : teinte rouge vif à froid avec le paradiméthylaminobenzaldéhyde en solution sulfurique, coloration pourpre avec le réactif phosphovanillique. De plus, les cristaux se colorent en bleu-vert avec le réactif sulfovanadique et en jaune vif avec le nitrite de sodium en milieu chlorhydrique. D'après toutes ces propriétés il s'agirait d'un dérivé de l'harmane. Le R_f est très voisin de celui de l'harmine, mais le point de fusion et les spectres ultraviolet et infrarouge sont différents; il n'est pas identique non plus à la leptactinine isolée par l'un de nous en 1945 des racines de *Leptactina senegambica* (1) dont nous rappelons ici les caractéristiques : F 264-266°; R_f 0,52; picrate F 258°; oxalate F 116°. Pour cet alcaloïde, qui, à notre connaissance, n'a jamais été mentionné, est proposé le nom de *leptaflorine*. Jusqu'ici des dérivés de l'harmane ont été caractérisés chez les Rutacées, les Malpighiacées, les Ébénacées, les Éléagnacées et les Acanthacées; chez les Rubiacées, l'harmane n'aurait été signalé que chez l'*Arariba rubra*.

PHYSIOLOGIE. — *Physiologie de la vibration des cordes vocales.* Note de M. **Raoul Husson**, présentée par M. André Mayer.

De récentes recherches expérimentales, effectuées *in vivo* sur l'Homme et sur le Chien, ont montré que, pendant la phonation, les cordes vocales reçoivent des influx nerveux rythmiques auxquels les unités motrices musculaires répondent coup par coup dans la limite permise par leur période réfractaire. Le rythme de ces influx règle à chaque instant la fréquence de la voix, parlée et chantée.

Une étude, commencée en 1950 et portant sur la physiologie de la vibration des cordes vocales, a comporté trois phases : 1° L'étude des potentiels d'action du nerf récurrent, nerf moteur des cordes vocales. 2° L'électromyographie des cordes vocales. 3° La stimulation électrique directe du nerf récurrent avec observation stroboscopique de la réponse des cordes vocales.

1. *Potentiels d'action du nerf récurrent pendant la phonation.* — Les potentiels d'action déterminant la phonation ont été recueillis sur l'Homme et *in vivo*, au cours d'opérations de laryngectomie totale, par André Moulonguet (1) à l'Hôpital Boucicaut à Paris. Des électrodes réceptrices furent placées sur le

(1) R. Paris et A. Bouquet, *Ann. pharm. franç.*, 4, 1946, p. 233.

nerf récurrent des sujets pendant que ceux-ci, n'ayant subi qu'une anesthésie locale, émettaient à la demande de l'opérateur des sons captés par un microphone.

Les enregistrements obtenus le 3 juin 1953, et photographiés, montrent que *les vibrations de la voix sont à chaque instant homorythmiques avec les influx du nerf récurrent.* Aucun effet microphonique ni aucun arc réflexe d'origine myotatique ne saurait être invoqué pour expliquer cette homorythmicité, car les potentiels d'action récurrentiels *précèdent* en général les vibrations vocales de 8 à 10 centièmes de seconde.

2. *Électromyographie des cordes vocales.* — L'étude de la réponse des cordes vocales aux influx récurrentiels, par voie électromyographique, a été réalisée à l'hôpital Bellan à Paris, sur l'Homme et *in vivo*, à la demande de Georges Portmann, sur des sujets ayant subi, soit des exérèses de base de langue par voie translaryngée sus-glotique, soit des hémilaryngectomies. Ces sujets présentaient des cordes vocales visibles et directement accessibles, dans lesquelles une électrode double coaxiale (dite de Bronk) fut enfoncée en différents points. Les 2 juin et 15 décembre 1954, furent obtenus des myogrammes en dehors de toute activité phonatoire ([2]). Le 11 mai 1955, une circonstance exceptionnelle se présenta : le sujet, avec son seul larynx dépourvu de toute communication avec la cavité pharyngo-buccale, parvenait à émettre des petites gammes de six à sept tons; une myographie *en cours de phonation* fut alors réalisée (avec prise de film et enregistrement sonore) ([3]).

Des électromyogrammes recueillis, il ressort notamment ce qui suit : 1° La durée de contraction d'une unité motrice du thyro-aryténoïdien interne est un peu inférieure à 1 ms. 2° Pendant la phonation, *ces unités motrices se contractent synchroniquement et à la fréquence de la voix émise (aux fréquences réalisées), donc à la fréquence des influx qui leur parviennent du récurrent.* Aucun effet microphonique ne fut décelable en raison des précautions prises (électrodes coaxiales rigidement liées; amplificateur à entrées symétriques), ainsi qu'aucun effet de stimulation myotatique de la peau (en raison d'une cocaïnisation poussée de la muqueuse).

3. *Stimulation électrique directe du nerf récurrent.* — Elle fut réalisée, à fréquences variables (de 100 à 700), sur le Chien sous anesthésie générale au Laboratoire de Physiologie de la Sorbonne par Paul Laget ([4]), et donna lieu à

([1]) *Bull. Acad. Nat. Méd.*, 1953, p. 475; *Revue de Laryng. Portmann*, Supplementum de 1954, p. 110.

([2]) G. Portmann, R. Humbert, J.-L. Robin, P. Laget et R. Husson, *Soc. de Biologie*, 12 février 1955.

([3]) J.-L. Robin, R. Humbert, P. Laget et J. Vannier, *Soc. de Biologie*, 11 juin 1955.

([4]) P. Laget, *Journ. de Physiol.*, 45, 1953, p. 147; *Revue de Laryng. Portmann*, Supplementum de 1953, p. 132.

des expériences de démonstration. Aucun courant d'air ne traversait la glotte.

L'observation du larynx sous éclairage stroboscopique montra que : 1° Entre les fréquences 100 et 500, la corde vocale du côté stimulé *vibre à faible amplitude et à la fréquence de la stimulation;* l'amplitude est maximum entre 150 et 200; à partir de 300, elle est très petite, mais reparaît en augmentant l'intensité de la stimulation; 2° Au-dessus de 500, la vibration ne reparaît qu'avec des *stimulations excessivement faibles.*

Ces résultats montrent que l'amplitude de la réponse laryngée dépend de l'intervalle de temps qui sépare deux potentiels d'action moteurs consécutifs : elle est maxima lorsque chaque influx tombe sur la phase *supernormale* (de l'unité motrice) déclenchée par l'influx précédent. Ils montrent aussi que, au-dessus de 500 par seconde environ, une stimulation des fibres du nerf récurrent par alternance est encore possible : c'est un phénomène identique à celui observé en 1935 par Stevens et Davis sur les fibres du nerf auditif.

5. *Conclusions.* — Pour des fréquences inférieures à 500, toutes les unités motrices du thyro-aryténoïdien interne peuvent être stimulées simultanément et coup par coup (5) : ce sont les conditions d'émission de la voix dite *de poitrine.* L'existence d'une pression sous-glottique suffisante fait naître un débit rythmé à travers la glotte, donc un son, et amplifie la vibration de la corde vocale.

Pour des fréquences comprises entre 500 et 1000, les unités motrices du thyro-aryténoïdien interne ne peuvent plus répondre qu'une fois sur deux, et chaque fibre du nerf récurrent doit alors travailler alternativement : ce sont les conditions de formation de la voix dite *de fausset* (pour l'Homme) et de la voix dite *de tête* (pour la Femme). Une stimulation une fois sur trois des mêmes unités motrices semble exister chez certains sopranos qui dépassent 1 200/s, et une stimulation une fois sur quatre semble se réaliser chez un sujet (Mme Mado Robin) qui dépasse 1 700 et atteint 2 200 (6).

PHYSIOLOGIE. — *Sur les variations des teneurs en sodium, potassium et magnésium plasmatiques sous l'effet de l'insuline.* Note de M. **Richard Valencia**, présentée par M. Jacques Duclaux.

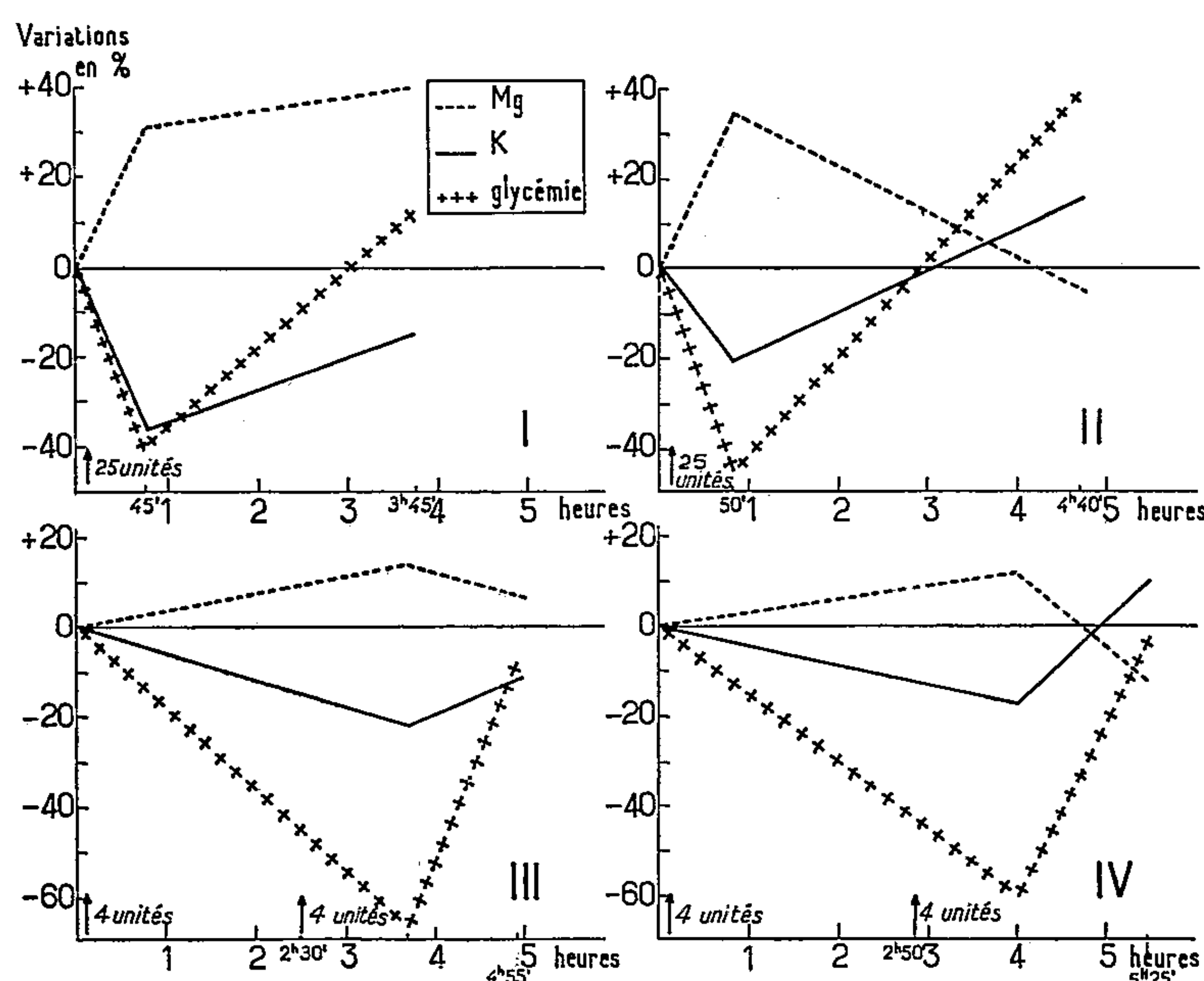
La diminution de la teneur en K provoquée par l'insuline est confirmée et une augmentation de la teneur en Mg mise en évidence. On constate, quelques heures après le choc, le retour à la normale du K, du Mg et de la glycémie. Les variations des teneurs en Na, minimes en pourcentage, reproduisent avec celles du K le même type de modifications que l'on obtient avec les hormones cortico-surrénales.

(5) R. Husson, *Thèse Fac. Sc. Paris*, 17 juin 1950; *Revue Scient.*, éditeur, 1951, p. 55 et suiv.; *Ann. d'Oto-Laryngologie*, 69, 1952, p. 125 et suiv.

(6) R. Husson, *J. Physiol.*, 43, 1951, p. 757; *Folia Phoniatrica*, III, 1951, p. 240; *Ann. d'Oto-Laryngologie*, 69, 1952, p. 125 et suiv.; *J. Physiol.*, 46, 1954, p. 386.

Au cours des recherches sur le mouvement des ions minéraux déterminé par l'insuline nous avons examiné les variations de la glycémie ([1]), du Na ([2]), K ([3]), Mg ([4]), Ca ([5]) dans le sang et dans le plasma et ce sont les résultats de cette étude que nous rapportons ici. Nos déterminations ont été faites chez l'Homme et chez le Lapin avant l'injection de l'insuline, au moment du choc et dès la disparition de ses effets.

Chez l'Homme, l'insuline a été injectée par voie intraveineuse à la dose de 25 unités; une prise de sang a été faite 45 mn après l'injection au moment où les signes du choc étaient les plus marqués (torpeur, faiblesse



Pourcentage des variations des teneurs en K, Mg et glucose du plasma après injection d'insuline. I et II : chez l'Homme; III et IV : chez le Lapin. Les valeurs de référence pour les graphiques I, II, III et IV sont respectivement : K = 16,9; 16,2; 17,6 et 16,8 mg% : Mg = 1,65; 1,38; 1,82 et 1,82 mg%; glycémie = 1,00; 0,96; 1,28 et 1,06 g%.

musculaire prononcée, transpiration et faim intense). Une dernière prise de sang a été faite 3 à 5 h plus tard, le sujet ayant mangé et dormi. Nous avons effectué trois expériences de ce type sur le même sujet à un et trois mois d'intervalle ([6]); elles nous ont fourni des résultats tout à fait analogues et nous ne rapportons ici que ceux de deux d'entre elles. Les teneurs en Ca du plasma ne montrent pas de modifications sensibles, celles du Na

([1]) *Méthode de Somogyi* (*J. Biol. Chem.*, **160**, 1945, p. 61).
([2]) *Méthode de Kahane* (*Bull. Soc. Chim. Fr.*, **4**, 1930, p. 382).
([3]) *Méthode de Kramer et Tisdall* (*J. Biol. Chem.*, **46**, 1921, p. 339).
([4]) *Méthode de Becka* (*Biochem. Z.*, **233**, 1931, p. 118).
([5]) *Méthode de Sendroy* (*J. Biol. Chem.*, **144**, 1942, p. 243).
([6]) R. Valencia, *Thèse Méd.*, Paris, 1954.

n'augmentent au moment du choc que de quantités très faibles (2 à 3 %) mais que nous croyons cependant pouvoir retenir puisque toujours de même sens. Les variations de la glycémie, du K et du Mg sont exprimées dans les graphiques I et II, calculées en pourcentage sur leurs valeurs de départ. On voit que le K baisse au moment du choc puis remonte à sa valeur primitive et que le Mg présente une variation exactement inverse et du même ordre de grandeur.

Nous avons trouvé chez deux lapins recevant 2 unités par kilogramme d'insuline sous-cutanée en deux fois à 2 ou 3 h d'intervalle des résultats superposables pour les variations du K et du Mg ainsi que le montrent les graphiques III et IV. Leur retour à la normale semble plus ou moins concomitant de celui de la glycémie.

Nous confirmons donc la baisse du K après injection d'insuline et nous mettons en évidence l'augmentation de la teneur en Mg, ce qui n'avait pas encore été signalé. Ces modifications ioniques sont sans doute responsables de la somnolence et de l'asthénie constatées; d'autres auteurs, à propos de résultats physiologiques différents, ont fait le même rapprochement (7), (8), (9). Nous remarquerons que l'évolution opposée mais sensiblement symétrique des teneurs en K et en Mg laisse supposer une liaison entre les causes qui les déterminent.

Une compensation entre les cations minéraux du plasma et des globules rouges est possible car des dosages effectués dans le sang total chez quatre lapins témoins et chez quatre lapins ayant reçu de l'insuline dans les conditions précédentes ne nous révèlent aucune variation des teneurs; mais les valeurs beaucoup plus fortes en K et en Mg des hématies suffisent à masquer les variations du plasma et partant, la constance dans le sang total n'est pas démonstrative d'une compensation.

Les variations du Na et du K que nous trouvons au moment du choc insulinique sont tout à fait analogues à celles que provoquent les hormones cortico-surrénales. Comme d'autre part il semble bien établi que l'hypoglycémie produite par l'insuline déclenche d'une façon précoce l'entrée en action des facteurs de la régulation glycémique (10) parmi lesquels les hormones de la surrénale jouent un rôle important, on est en droit de se demander si les variations ioniques que nous constatons ne traduiraient pas la mise en jeu des systèmes antagonistes de l'insuline; si cette hypothèse est exacte, le Mg devrait présenter des variations similaires sous l'effet des hormones surrénaliennes.

---

(7) Cicardo et Fontana, *C. R. Soc. Biol.*, 5/6, 1951, p. 434.

(8) Houssay, *Riv. Biol. Ital.*, 31, 1949, p. 410.

(9) S. G. Smith, *Arch. Biochem.*, 20, 1949, p. 473; *Amer. J. Physiol.*, 164, 1951, p. 702.

(10) Somogyi, *J. Biol. Chem.*, 179, 1949, p. 217; *Endocrinology*, 47, 1950, p. 436.

NEUROPHYSIOLOGIE. — *Effets sur l'électrocorticogramme du Lapin de stimulations sensitives thermique et nociceptive.* Note de MM. **Jean Scherrer, Robert Marty, Bernard Pertuiset, François Lhermitte** et **François Contamin**, transmise par M. Léon Binet.

Une stimulation portée au niveau des téguments du Lapin, sous forme de chaleur radiante détermine une modification de l'ensemble du tracé électrocoticorgraphique. Celle-ci consiste en une diminution d'amplitude des ondes cérébrales, concomitante d'une modification de leur rythme, qui généralement s'accélère. Cette transformation du tracé apparaît en l'absence de potentiel évoqué cortical somesthésique.

Les données expérimentales qui font l'objet de la présente Note ont été obtenues sur le Lapin adulte. La mise à nu du cortex et une canulation trachéale ayant été effectuées sous anesthésie locale à la procaïne, l'administration de *d*-tubo-curarine permet l'immobilisation de l'animal pour la durée de l'expérience. Les stimulations thermique et algique sont réalisées par la réception, sur une surface qu'il est possible de faire varier entre 3 et 200 cm², d'un flux constant de radiations caloriques. Cette stimulation, d'après ce qu'on peut constater chez l'Homme dans les mêmes conditions, est thermique lorsque la surface sur laquelle se trouve concentrée l'énergie radiante reste relativement étendue; si elle est réduite (égale ou inférieure à 50 cm² environ), à la perception thermique initiale fait suite une impression de brûlure, c'est-à-dire une sensation à la fois thermique et douloureuse. Ainsi lorsque le flux calorique est concentré sur une surface de 3 cm² au niveau des téguments du front, une irradiation de 0,1 s suffit pour déterminer une perception de chaleur; au terme d'une irradiation de l'ordre de 1 s, une sensation de brûlure apparaît. L'application chez l'animal de la stimulation calorique a été le plus souvent réalisée en effectuant des stimulations rapidement algogènes sur les téguments des pattes et du flanc, préalablement épilés ou rasés.

L'effet sur l'électrocorticogramme (ECG) de la stimulation thermo-algique consiste en une modification du tracé manifeste sur les deux hémisphères cérébraux. Cette modification concerne à la fois le rythme, qui en règle générale s'accélère, et l'amplitude, qui diminue. Selon les cas et les aires corticales se trouve réalisé soit un ECG irrégulier, de très bas voltage et de fréquence élevée, allant de 20 à 30 c/s, soit un tracé plus ample, assez régulier aux environs de 6 à 8 c/s, lui-même surchargé ou non d'un rythme plus rapide de faible amplitude. Ces deux types d'activité bioélectrique du cortex peuvent aussi être obtenus, sur notre préparation, par des stimulations prolongées, tactiles ou sensorielles. Il s'agit donc, selon toute vraisemblance dans les deux cas, d'une réaction

analogue, qu'on peut homologuer à celle d'éveil (*arousal* de Magoun) obtenue sur le Chat et le Singe. Elle correspond par conséquent, dans une certaine mesure, à la réaction d'arrêt décrite par Berger chez l'Homme.

On peut faire varier la latence de la modification électrocorticale dans d'assez larges limites (*fig.* 1). L'intervalle minimum entre le début de l'irradiation calorique et la modification de l'ECG est obtenu lorsque le flux calorique se trouve concentré sur la surface la plus réduite possible, qui est de 3 cm²; la latence peut s'abaisser alors jusqu'à 1 s. Si la concen-

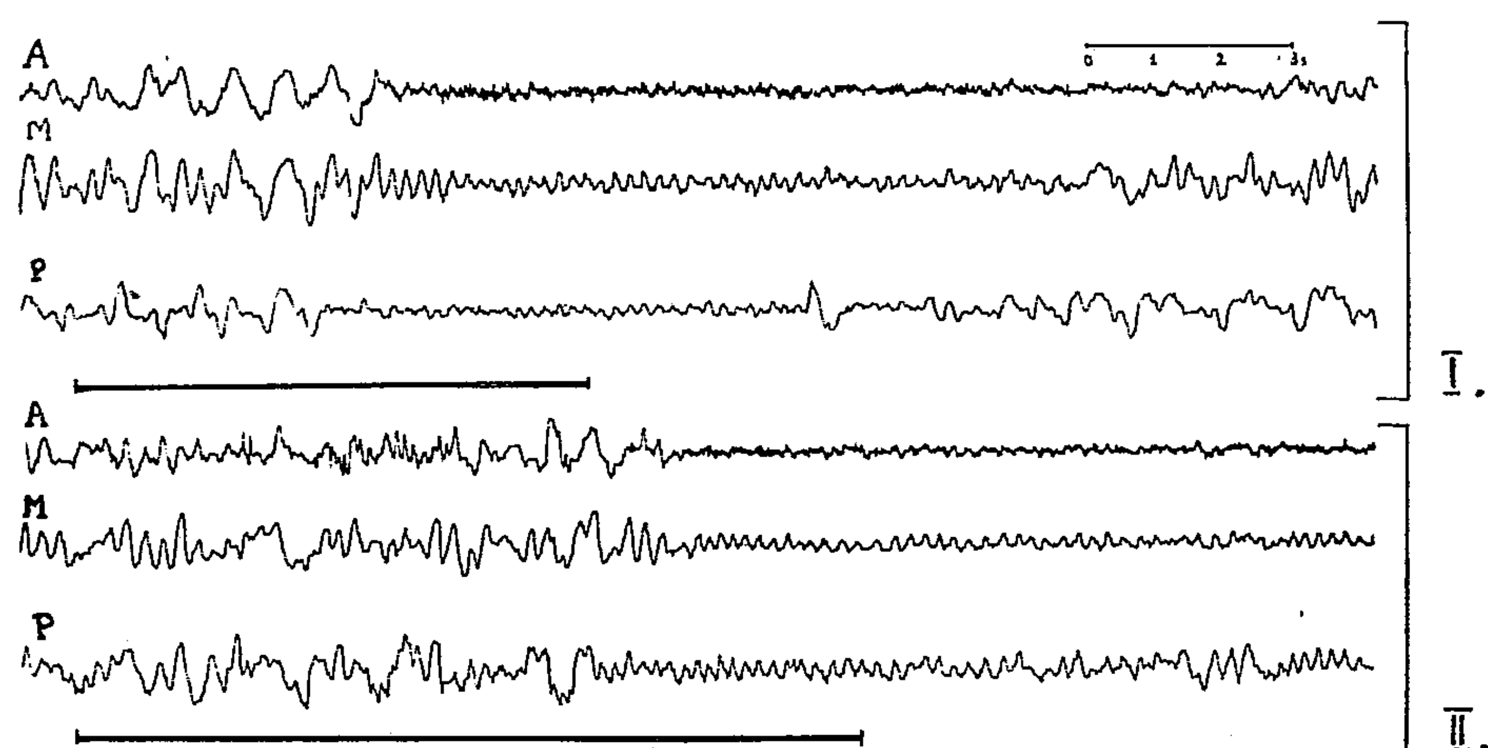


Fig. 1. — Effets de stimulations thermo-algiques sur l'E C G du Lapin curarisé. Tracé 1 : Irradiation du flanc droit sur une aire de 3 cm². Tracé 2 : Irradiation de la même région avec un flux calorique identique sur une aire de 60 cm². Dérivations : (Cortex gauche) A, aire précentrale; M, aire pariétale; P, aire occipitale. En double trait : la durée d'irradiation; en trait simple : base de temps.

tration du flux calorique est moindre, la surface irradiée devenant plus étendue, la latence augmente. Elle est de 4 à 20 s pour une surface d'irradiation de 50 à 100 cm². S'il est permis de transposer de l'Homme à l'animal, on pourrait admettre que l'effet électrocortical n'apparaît que pour une sensation de chaleur intense ou de brûlure. C'est surtout lors de ces réponses à latence élevée qu'un certain décalage temporel dans l'apparition de l'effet électrocortical peut s'observer entre les diverses dérivations hémisphériques (*fig.* 1).

Dans nos conditions de stimulation thermo-algique, il n'a pas été possible de déceler, à côté de la réaction électro-corticale globale décrite, de réponse focale : autrement dit nous n'avons pas pu enregistrer de potentiel évoqué du type de ceux déterminés par une stimulation tactile au niveau de la zone somesthésique.

Un certain nombre de stimulations thermo-algiques ont été effectuées sur l'extrémité de la patte antérieure, dont la circulation avait été arrêtée par un garrot artériel proximal. Il apparaît que l'effet électrocortical

décrit peut encore être obtenu au-delà de la 30e minute d'ischémie, cependant que les réponses corticales à la stimulation tactile disparaissent dans les mêmes conditions entre la 20e et la 25e minutes. Cette dernière constatation incite à penser que la transmission de l'excitation thermo-algique pourrait se faire, du moins en partie, par l'intermédiaire de fibres résistantes aux effets de l'ischémie par garrot, c'est-à-dire des fibres C. Cette hypothèse est étayée par les résultats de la stimulation électrique du nerf, faite dans les mêmes conditions.

PSYCHOPHYSIOLOGIE. — *Contribution à l'étude des cycles provoqués par une seule stimulation.* Note (*) de Mme CATHERINE POPOV, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

Il semble actuellement que l'écorce cérébrale soit spécialement adaptée à répondre aux stimulations répétées régulièrement. Rappelons qu'une stimulation unique du nerf optique du Lapin par décharge d'un condensateur peut provoquer dans l'écorce cérébrale plusieurs ondes d'excitation successives (1). On peut rapprocher ce résultat de ceux obtenus par certains auteurs concernant les impressions tactiles consécutives (2). Ces résultats et d'autres encore confirment qu'une excitation unique peut provoquer une série de sensations qui se répètent plusieurs fois par minute.

Les images consécutives apparaissant à la suite des stimulations lumineuses, surviennent également au rythme de plusieurs fois par minute. Nous avons prouvé, par le conditionnement de ces images consécutives, que celles-ci peuvent prendre naissance dans l'écorce cérébrale (3).

Si nous considérons que le mode de formation des images est inhérent au fonctionnement de l'écorce cérébrale, nous pouvons dire que chaque excitation qui s'ajoute à l'activité corticale déjà existante, ne se limite pas à son action propre instantanée, mais qu'après un certain laps de temps, des modifications se produisent de telle sorte qu'une seconde excitation apparaisse spontanément, sans stimulation supplémentaire. De la même façon peuvent apparaître une 3e excitation, puis une 4e, une 5e, etc.

A l'appui de cette assertion, nous rapporterons la série d'expériences corticographiques que nous avons récemment pratiquées sur l'aire striée du Lapin. Le stimulus était une stimulation lumineuse en créneaux pouvant être considérée comme une stimulation unique. Ce choix nous permettait de retrouver faci-

(*) Séance du 4 juillet 1955.

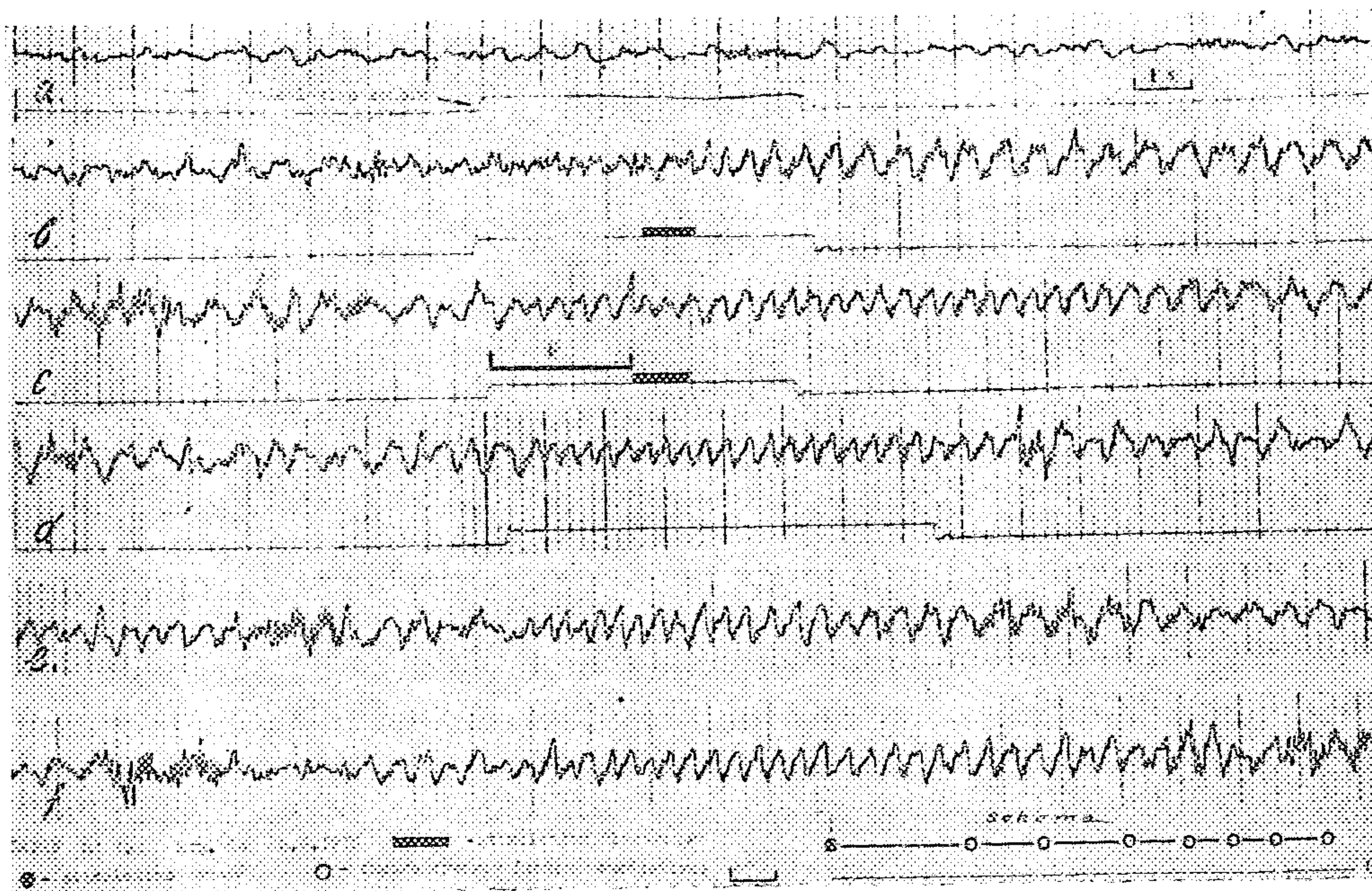
(1) H. BARTHLEY et G. BISHOP, *Amer. Journ. of Physiol.*, 103, 1933, p. 159.

(2) BELKOV, BRALITIN et BOUTOMO, *Trav. Acad. Sc.*, Série biol., n° 1947, p. 279.

(3) N. A. POPOV et Mme C. POPOV, *Comptes rendus*, 237, 1953, p. 930; 237, 1953, p. 1439; 238, 1954, p. 1912; 238, 1954, p. 2026; 238, 1954, p. 2118.

lement dans le temps qui suivait cette stimulation, la réapparition régulière des modifications du tracé sous forme de groupes d'ondes spécifiques, à raison de plusieurs fois par minute, confirmant ainsi les résultats obtenus au cours de nos expériences sur l'Homme.

Il faut donc admettre que chaque excitation corticale peut se répéter spontanément. Nos observations sur le Lapin étant pratiquement semblables à celles faites chez l'Homme, dans le conditionnement son-lumière, nous pouvons donc nous demander s'il ne s'agit pas là d'une loi générale.



Tracés corticographiques pris sur l'aire pariétale du Lapin. *a*. — Le son est devenu inactif à la suite des répétitions. *b*. — Stimulation combinée : son-stimulation électrique donnée peu après; on voit nettement une série d'ondes régulières à la suite du stimulus électrique. *c*. — Septième stimulation combinée, apparition du foyer d'excitation supplémentaire : F. *d*. — Le conditionnement est formé; le son provoque lors de son action le même phénomène — ondes fréquentes et régulières — que lors de la stimulation électrique. *e-f*. — Tracé présentant les mêmes figures caractéristiques que celles observées lors de l'action du son seul, apparaissant régulièrement sans aucune stimulation nouvelle.

Nous avons également remarqué sur le Lapin des faits similaires lors de l'élaboration du conditionnement corticographique défensif au son. En élaborant ce conditionnement, nous avons observé que le stimulus conditionné — son donné seul — provoquait l'apparition dans l'aire pariétale (centre de défense) d'ondes fréquentes et régulières, caractéristiques des réponses à la stimulation électrique, ce qui signifie que le conditionnement était formé.

Tout de suite après, nous observions que le son conditionné ne se limitait pas à provoquer au moment de son action, un groupe d'ondes fréquentes et régulières. Après un certain intervalle de temps, en effet, apparaissait *sans*

aucune stimulation supplémentaire, le même groupe d'ondes que lors de l'action du son isolé et ce groupe d'ondes réapparaissait 6 à 8 fois environ (figure).

Cette série d'apparitions successives de groupes d'ondes constitue une « action prolongée » semblable à celle que nous avons observée sur l'Homme au cours du conditionnement EEG son-lumière.

Nous avons retrouvé également après des stimulations combinées (son-stimulation électrique), une action prolongée qui présente les mêmes caractères que celle observée dans le conditionnement EEG-son-lumière chez l'Homme. Dans ce cas-là, la stimulation combinée doit être considérée comme stimulation unique.

Ces expériences sur l'Homme et sur l'animal montrent bien qu'une stimulation unique provoque fréquemment des réponses multiples successives, exprimées dans nos expériences sur l'animal par des modifications du tracé caractéristique d'une excitation corticale. On ne peut mettre en doute que ces réponses multiples peuvent participer à la construction des cycles complexes, comme nous l'avons observé clairement dans les expériences sur l'Homme.

ENDOCRINOLOGIE. — *Évolution testiculaire du Canard domestique maintenu à l'obscurité totale pendant une longue durée.* Note (*) de MM. **Jacques Benoit, Ivan Assenmacher** et **Émile Brard**, présentée par M. Robert Courrier.

Placés à l'obscurité totale pendant plus de deux ans et demi, des Canards mâles Pékin impubère acquirent une activité testiculaire importante, qui varia selon des cycles dont la période et l'amplitude diminuèrent progressivement. La période de 12 mois et l'amplitude des cycles testiculaires des sujets vivant dans la nature sont réellement dues aux variations annuelles de l'éclairement solaire.

La périodicité annuelle régulière du cycle testiculaire des Oiseaux semble résulter de l'influence de la lumière solaire sur le complexe hypothalamo-hypophysaire et des variations annuelles régulières de cette lumière. Le cycle testiculaire passe tous les 12 mois par un maximum qui, sans coïncider avec celui, de l'éclairement diurne, dépend cependant du cycle annuel de l'éclairement. Que deviendrait le cycle sexuel de sujets que l'on soustrairait totalement à l'action de la lumière ?

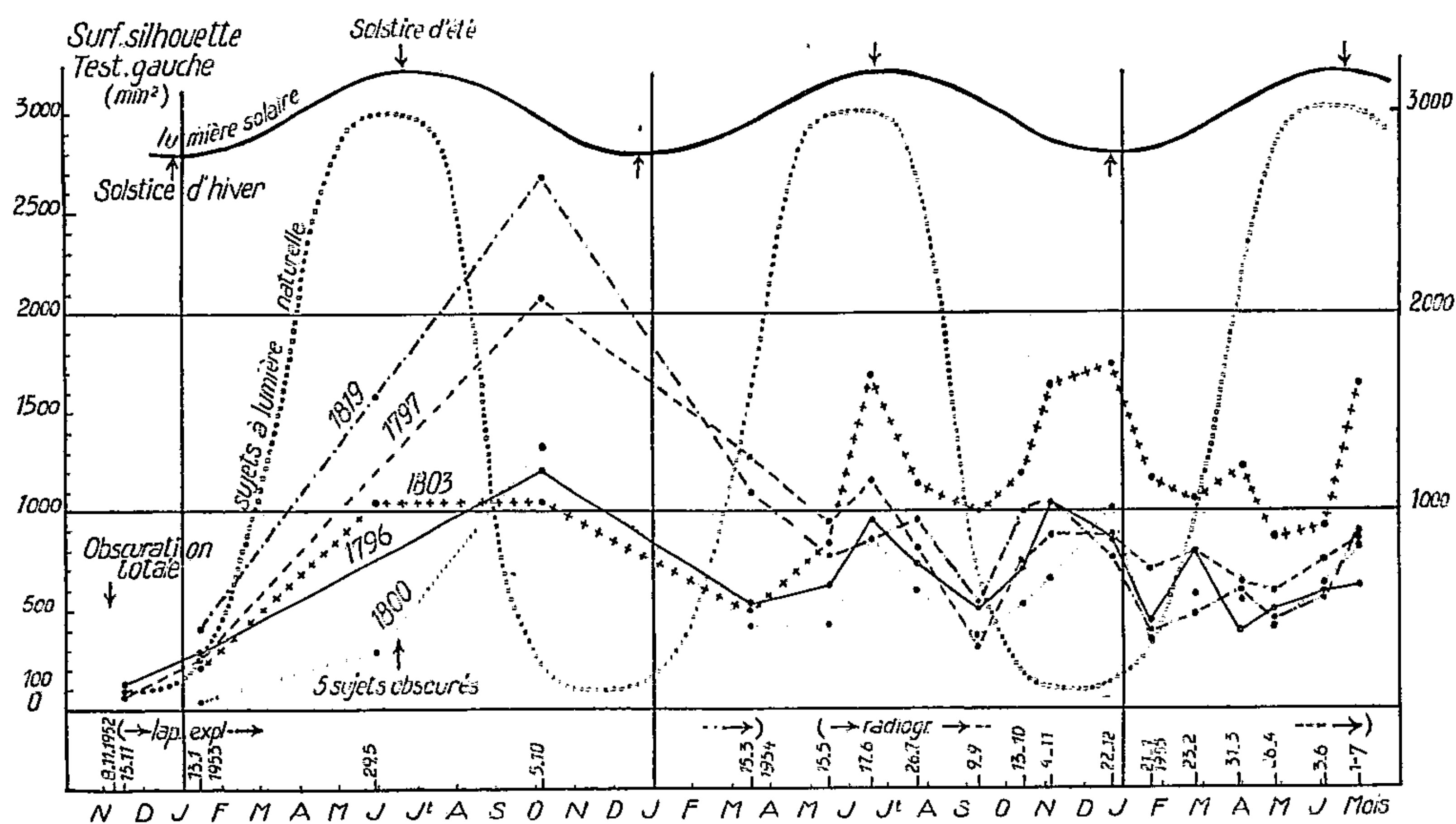
Des Canards Pékin impubères, âgés de 4 mois et de 4 mois et demi, furent placés dans une pièce complètement obscure, le 8 novembre 1952. Une faible lumière bleue (inactive sur la croissance testiculaire) était parfois allumée, pendant quelques minutes, à l'occasion de leur alimentation ou de soins divers. Les dimensions du testicule gauche furent établies périodiquement par laparatomie exploratrice ou par radiographie ([1]), inter-

---

(*) Séance du 4 juillet 1955.

([1]) I. Assenmacher, C. Gros, J. Benoit et F. X. Walter, *C. R. Soc. Biol.*, 144, 1950,

ventions qui permirent de dessiner la silhouette de la gonade et d'en planimétrer la surface. Pendant les manipulations opératoires, la tête des sujets était enveloppée d'une étoffe opaque à la lumière. Les courbes ci-dessous représentent les variations de la surface apparente du testicule gauche déterminées chez cinq sujets.



Courbes de l'évolution testiculaire (représentée par les variations de la surface de la silhouette du testicule gauche) de cinq canards placés, à l'âge de 4 mois et de 4 mois et demi, à l'obscurité complète, pendant 32 mois. Par rapport à des sujets vivant dans un parc extérieur, à la lumière naturelle, les sujets obscurés présentent des cycles testiculaires de plus en plus courts et d'amplitude progressivement décroissante, sans que jamais le maximum ni le minimum de développement testiculaire soient atteints. Le 1er juillet 1955, les valeurs établies des surfaces testiculaires devaient approximativement correspondre à des poids des deux testicules compris entre 12 et 55 g. Malgré l'obscurité prolongée, les animaux sont restés en bonne santé.

Ce graphique révèle plusieurs faits intéressants :

1° Les sujets ont atteint la *pleine maturité sexuelle en l'absence de lumière*. Sans doute avaient-ils déjà, au début de l'expérience, subi l'effet stimulant de la lumière naturelle. D'autres sujets, obscurés dès l'âge de 18 jours, acquirent cependant aussi, en un an, des dimensions testiculaires parfois considérables, ce qui prouve que, même dans le cas d'obscuration très précoce, la croissance testiculaire peut s'effectuer et atteindre un degré élevé.

2° La maturation testiculaire qui se produit à l'obscurité s'accomplit *plus lentement* que celle de sujets témoins, placés dans un parc extérieur à la lumière naturelle.

---

p. 1107. L'image radiographique, ombre portée de la silhouette testiculaire, est légèrement plus grande que cette dernière. Une correction permet d'obtenir la surface vraie de la silhouette.

3° Après avoir atteint un certain maximum, les dimensions testiculaires régressent, pour croître ensuite de nouveau. Elles varient ainsi selon plusieurs *cycles successifs, de période de plus en plus courte et d'amplitude progressivement décroissante,* sans que jamais les gonades reviennent au repos complet ni reprennent un volume maximum.

4° Les cycles évolutifs testiculaires ont perdu tout synchronisme avec les saisons. Mais ils restent dans l'ensemble, à quelques variations près, synchrones entre eux : un facteur psychique (facteur de groupe) intervient-il ici du fait que les sujets vivent ensemble ? Tout en retenant cette possibilité, il nous semble que d'autres facteurs, internes, que nous ne pouvons discuter ici, peuvent également intervenir.

La présente expérience est poursuivie et complétée. Son étude détaillée permettra de préciser les rôles respectifs du facteur externe lumière et de divers facteurs internes de l'activité génitale. Elle autorise, dès maintenant, à conclure que l'amplitude considérable et la périodicité normale (12 mois) des variations au cours de l'année du volume des testicules du Canard Pékin vivant dans la nature sont réellement dues aux variations de la lumière solaire et à leur rythme de 12 mois, et non pas à un rythme interne, autonome, de même durée.

NUTRITION. — *Influence du tourteau d'arachide délipidé par extraction sur la fécondité de la femelle du Rat.* Note (*) de M. **Raymond Ferrando**, Mlle **Françoise Jacques**, Mme **Henriette Mabboux** et M. **Georges Prieur**, présentée par M. Maurice Lemoigne.

Ajouté à un régime de base délipidé du tourteau d'arachide obtenu par extraction aux solvants ralentit légèrement la croissance de la femelle du Rat et entraîne sa stérilité. Certains facteurs de nature lipidique peuvent donc manquer dans les tourteaux d'extraction.

Dans la Note précédente nous avons indiqué l'influence du tourteau d'arachide délipidé sur la fécondité du Rat. Nous avons donc, dans les mêmes conditions expérimentales examiné cette influence sur la femelle du Rat.

La durée de l'expérience est, comme dans le cas précédent, de 344 jours. Les femelles constituant les trois groupes expérimentaux sont accouplées à trois reprises. En fin d'expérience leur cycle œstral est étudié par examen des frottis vaginaux après coloration par la méthode de Lichtwitz et Thiery (1).

(*) Séance du 4 juillet 1955.

(1) A. Lichtwitz, G. Thiery, M. Fitoussi et M. Delaville, *Presse Médicale*, n° 27, 1949, p. 370-371.

Le tableau suivant résume l'ensemble des résultats obtenus.

N° des groupes	I.	II.	III.
Nombre de sujets	5	5	5
Supplément au régime de base (%)	0	8,7 (tourteau d'extraction)	8,6 (tourteau de pression)
Taux des lipides du régime de base (%) (± 20 %)	0,15	0,50	1,45
Poids au début de l'expérience (g)	85,4	87,4	89
Gain de poids à 57 jours (g)	53	58,2	66,6
» 127 »	71,4	71,2	81
» 344 »	112,2	100	111
Nombre de portées obtenues en 344 jours	0	0	7 { ♀ 1 et ♀ 2 = 2; ♀ 3,4 et 5 = 1 }
Sujets par portée et pourcentage de mortalité	0	0	5,9 (68 %)
Œstrus (examen frottis vaginal)	nul	nul	normal

Comme dans le cas des mâles les réserves hépatiques de vitamine A sont normales. Il faut toutefois noter qu'elles ont environ une valeur double chez les femelles fécondes. Les réserves de tocophérol ne furent pas déterminées mais étant donné l'apport de cet élément dans la ration la carence n'était pas à redouter.

Comme dans le cas des rats mâles nous pensons que l'infécondité des femelles est vraisemblablement déterminée par une carence partielle en acides gras insaturés. Un certain taux de ces acides empêchant l'apparition des accidents cutanés sans pouvoir s'opposer à la stérilité.

Les tourteaux délipidés par extraction ajoutés à raison de 8,7 % dans la ration de base ne peuvent faire disparaître cette stérilité. Ils ne semblent donc pas contenir tout ou partie des acides gras indispensables à une croissance normale et au bon fonctionnement de l'appareil génital femelle.

BIOLOGIE. — *Le déterminisme de la ponte chez les Lamellibranches* (Mytilus edulis *L.*). *Intervention des ganglions nerveux.* Note (*) de M. **Pierre Lubet**, présentée par M. Maurice Caullery.

L'analyse expérimentale des facteurs provoquant la ponte et l'éjaculation chez *Chlamys varia* L. m'a permis de montrer [1] que l'émission des gamètes mûrs était sous la dépendance de stimuli externes de nature mécanique (brassage des animaux, excitation du manteau, traumatismes), thermique (brusque élévation de température) ou chimique (extraits de gamètes de la même espèce). J'ai obtenu récemment, chez *Mytilus edulis* L., des

(*) Séance du 27 juin 1955.

(1) P. Lubet, *Comptes rendus*, 236, 1953, p. 236.

résultats identiques en ce qui concerne l'action des stimuli mécaniques ou thermiques.

De très nombreuses expériences, effectuées depuis plusieurs années chez *Chlamys varia* L. et plus récemment chez *Mytilus edulis* L., m'ont permis de constater que des animaux peuvent être entièrement réfractaires à la stimulation de leur éjaculation ou de leur ponte, alors que leurs gamètes parfaitement mûrs donnent, par fécondation artificielle, des embryons tout à fait normaux. Par conséquent, la période de maturité gamétique n'est pas superposable à celle pendant laquelle ces mêmes animaux sont sensibles aux différents stimuli déclenchant l'émission des gamètes. Ainsi, en 1955, chez les *Mytilus edulis* L. prélevées à Eyrac (Bassin d'Arcachon), la période de maturité gamétique s'est étendue du 15 mars au 20 avril, mais les différents stimuli n'ont été efficaces qu'à partir du 28 mars (du 28 mars au 1er avril : de 1 à 9 % de pontes; du 1er au 5 : de 9 à 47 %; du 5 au 10 avril : de 47 à 98 %); la ponte spontanée des individus s'est échelonnée entre le 8 et le 25 avril. Tout se passe donc comme si la levée d'une inhibition interne rendait l'animal réceptif aux stimuli internes.

Des recherches cytologiques effectuées sur les animaux immatures, sur ceux en cours de gamétogénèse, sur les animaux mûrs inexcitables ou excitables, m'ont permis de constater que la période d'efficacité maximum des stimuli précités correspondait à la période d'évacuation du produit de neuro-sécrétion des cellules neuro-sécrétrices des ganglions cérébroïdes et viscéraux. J'ai observé, d'autre part, que l'évacuation, en général partielle, du neurosécrétat précède de peu la ponte ou l'éjaculation. Ces observations m'ont incité à effectuer, chez *Chlamys varia* L. et chez *Mytilus edulis* L., l'ablation des ganglions cérébroïdes ou viscéraux. Voici les premiers résultats obtenus chez *Mytilus edulis* L. femelle.

1° *Ablation des ganglions cérébroïdes.* — Les opérations sont échelonnées pendant la période de maturité gamétique et les lots d'individus opérés comparés à des élevages témoins. L'intervention constituant par elle-même un stimulus mécanique (ablation d'une fraction du manteau), j'ai enlevé, chez les témoins non décérébrés, la même fraction du manteau. La comparaison des dates de ponte est résumée dans le tableau ci-dessous.

Date des opérations.	Délai de la ponte chez les opérés.	Délai de la ponte chez les témoins.
16 mars 1955.....	2 à 5 jours	14 à 24 jours
22 » »	1 à 3 »	7 à 14 »
24 » »	1 à 2 »	5 à 11 »
26 » »	1 à 2 »	5 à 8 »
1 avril 1955.....	1 à 2 »	4 à 6 »
5 » »	quelques heures à 2 jours	1 à 5 »
10 » »	»	quelques heures à 3 jours

Par conséquent, l'ablation des ganglions cérébroïdes provoque chez les opérés une ponte plus précoce que chez les témoins.

2° *Ablation des ganglions viscéraux.* — Des expériences analogues ont porté sur l'ablation des ganglions viscéraux. Les résultats, en cours d'étude, sembleraient montrer, au contraire, que l'ablation des ganglions viscéraux, si elle ne bloque pas définitivement la ponte, la retarde assez considérablement. Ce retard pourrait tenir à plusieurs facteurs : isolement des récepteurs nerveux du manteau, absence d'un produit de sécrétion viscéral favorisant la ponte, ou prolongation de l'action inhibitrice des ganglions cérébroïdes.

Conclusions. — L'analyse des facteurs provoquant la ponte chez *Chlamys varia* L. et *Mytilus edulis* L. montre que l'émission des gamètes est facilitée par la levée d'une inhibition interne. La disparition du produit de neuro-sécrétion des ganglions cérébroïdes semble nécessaire pour que l'animal devienne réceptif aux stimuli extérieurs déclenchant l'émission des gamètes.

BIOLOGIE MARINE. — *Sur l'existence et les caractères généraux d'une faune interstitielle des sables coralliens tropicaux (île de Bimini, Bahamas).* Note de Mlle **Jeanne Renaud**, présentée par M. Louis Fage.

L'île de Bimini, située dans l'archipel des Bahamas au bord du Gulf Stream, est supportée par un socle rocheux calcaire sur lequel reposent des plages de dimensions réduites. La couche de sable est de faible épaisseur et contient très peu de matières organiques. Le sable strictement organogène est formé, pour la fraction grossière (59 %), de débris de lamellibranches et de gros foraminifères (Pénéroplidés); pour la fraction moyenne (38 %), de débris de corail et de petits foraminifères; pour la fraction fine (3 %), de débris de corail et de radioles d'oursins. La température de l'eau en surface a atteint pendant les mois de février et mars 1955 une moyenne de 24°, celle de l'eau interstitielle à 50 cm de profondeur une moyenne de 23°,2. La salinité de l'eau de mer dans la lagune a été en moyenne de 37,1 ‰, celle de l'eau interstitielle, à 50 cm de profondeur, de 37,03 ‰. Les marées y sont de faible amplitude : 78,5 cm pour les marées de vive-eau et 35,2 cm pour celles de morte-eau, pendant les mois de février et mars 1955.

Les sédiments ont été prélevés par colonnes de 10 cm de hauteur entre 0 et 80 cm de profondeur. Les analyses quantitatives et qualitatives, effectuées à l'aide de la technique imaginée par J.-P. Boisseau, ont porté sur 200 prélèvements provenant des différentes plages de l'île; pourtour de la lagune, bords du Gulf Stream, marais à palétuviers.

Alors que classiquement les sables coralliens sont réputés extrêmement

pauvres, voire abiotiques (*cf.* Wilson 1935, Pennak 1950, Delamare Deboutteville 1953), la méthode utilisée y a révélé une microfaune dont l'abondance et la variété sont supérieures à celles des sables siliceux de nos côtes tempérées.

A titre d'exemple, au point de vue quantitatif, la comparaison peut être établie avec un segment de plage du Bassin d'Arcachon, étudié en décembre 1954 avec les mêmes méthodes, et où la densité de peuplement variait de 39 à 484 animaux pour 75 cm^3 : à une des stations de Bimini la densité correspondante, en février-mars 1955, a varié de 66 à 1368 animaux.

Au point de vue qualitatif, la faune interstitielle des sables coralliens de Bimini renferme des représentants des groupes suivants : Turbellariés, Nématodes, Rotifères, Gastrotriches, Endoproctes, Polychètes, Oligochètes, Archiannélides, Mollusques, Tardigrades, Ostracodes, Harpaticoïdes, Isopodes, Hydracariens, Collemboles, etc. L'inventaire systématique de cette faune insoupçonnée reste entièrement à faire.

En ce qui concerne l'importance numérique relative des groupes les plus importants, mes recensements effectués à Bimini, comparés à ceux effectués à Arcachon, aboutissent aux différences globales suivantes :

	Bimini.	Arcachon.
Turbellariés	.3 %	2 %
Epsilonématodes	31	11
Autres Nématodes	29	59
Polychètes	2	0,5
Oligochètes	2	5
Tartigrades	0,2	15
Harpacticoïdes	24	6
Autres groupes	8,8	2,5

Des études en cours préciseront la répartition quantitative et qualitative, horizontale et verticale, de cette faune, ses variations, ses migrations et leur déterminisme.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Étude comparée de la constitution des acides ribonucléiques du pancréas et du foie chez le Rat.* Note de MM. **Paul Mandel**, **Jacques-David Weill** et **Marc Ledig**, présentée par M. René Fabre.

On décrit une technique permettant une détermination quantitative des ribonucléotides des acides ribonucléiques (ARN) tissulaires sans purification préalable. Les ARN totaux du foie et du pancréas ainsi analysés s'avèrent sensiblement identiques. L'attaque de l'ARN du pancréas durant sa préparation par la ribonucléase explique les taux élevés de guanine qu'on a signalé.

Il est généralement admis que l'acide ribonucléique (ARN) extrait du pancréas accuse une teneur en guanine bien plus élevée que les ARN

extraits d'autres organes tels que le foie, le thymus et la rate [1] à [7]. Cependant J. E. Bacher et F. W. Allen [8] constatent qu'en procédant à l'extraction préalable de la ribonucléase, le rapport de l'azote guanylique à l'azote total de l'ARN isolé du pancréas est nettement inférieur à celui d'autres préparations de cet acide nucléique (AN). On sait d'autre part que, sous l'effet de la ribonucléase, le reste polynucléotidique qui résiste à l'enzyme est particulièrement riche en guanine. Il y avait donc lieu de se demander si la différence entre l'ARN du pancréas et celui d'autres tissus, mise en évidence par divers auteurs, n'est pas la conséquence d'une attaque de l'AN du pancréas par sa propre ribonucléase au cours de l'isolement et de la purification. Pour répondre à cette question, il convient d'analyser l'ARN en évitant à la fois l'effet de la ribonucléase et des purifications qui dégradent la chaîne polynucléotidique. C'est ce qui est rendu possible grâce à une méthode que nous avons mise au point. Celle-ci offre également l'avantage de permettre l'analyse de tissus d'animaux de petite taille, car elle élimine la nécessité de la séparation des protéines, manipulation qui réduit considérablement le rendement en AN des préparations.

Voici les principes de cette méthode : séparation des composés acidosolubles du tissu à l'acide trichloracétique; délipidation au kumagawa; hydrolyse par la soude N/3 à 37° pendant 18 h; séparation des ribonucléotides selon G. Schmidt et S. J. Thannhauser [9]; précipitation de ces ribonucléotides par l'acétate de plomb; enlèvement du plomb par l'hydrogène sulfuré; concentration sous vide et chromatographie sur papier Whatman n° 1. Nous utilisons comme solvant d'une part le butanol tertiaire chlorhydrique pendant 24 h à 27°, et d'autre part le *n*-propanol ammoniaque pendant 48 h suivi par un écoulement d'isobutyrate d'ammonium effectué dans le même sens pendant 15 h. Ce mode opératoire assure l'élimination des composés gênants et la pureté des nucléotides séparés. Le repérage des spots s'effectue en lumière ultraviolette monochromatique [10] et l'élution par l'acide chlorhydrique N/10. Le dosage s'opère par la mesure de l'absorption dans l'ultraviolet à la longueur d'onde d'absorption maximum de chaque nucléotide. Nous effectuons parallèlement le dosage du phosphore et les résultats offrent une concordance très satisfaisante. Appliquant notre technique, nous avons analysé l'ensemble des ARN d'une part du foie entier et du cytoplasme hépatique séparé des noyaux, d'autre part du pancréas de rats.

---

(1) E. Jorpes, *Acta Med. Scand.*, 68, 1928, p. 503 et *Biochem. J.*, 28, 1934, p. 2097.
(2) P. A. Levene et E. Jorpes, *J. Biol. Chem.*, 86, 1930, p. 389.
(3) H. Steudel, *Z. Physiol. Chem.*, 241, 1936, p. 84.
(4) E. Vischer et E. Chargaff, *J. Biol. Chem.*, 176, 1948, p. 715.
(5) S. E. Kerr, K. Seraidarian et M. Wargon, *J. Biol. Chem.*, 181, 1949, p. 773.
(6) E. Volkin et C. E. Carter, *J. Amer. Chem. Soc.*, 73, 1951, p. 1516.
(7) P. Boulanger et J. Montreuil, *Bull. Soc. Chim. biol.*, 33, 1951, p. 791.
(8) *J. Biol. Chem.*, 183, 1950, p. 641.
(9) *J. Biol. Chem.*, 161, 1945, p. 83.
(10) R. Markham et J. D. Smith, *J. Biol. Chem.*, 45, 1949, p. 294.

Les organes rapidement prélevés ont été congelés dans un mélange d'acétone et de neige carbonique et soumis d'emblée au traitement indiqué plus haut. Il est évident que, dès la congélation, toute activité enzymatique se trouvait bloquée. Il en était de même dans les opérations consécutives. Nous avons pu examiner ainsi la constitution des ARN avant que toute activité ribonucléasique ait pu intervenir, évitant également une dégradation qu'entraînent les méthodes de purification ayant pour but la séparation des protéines.

Composition des acides ribonucléiques du foie entier, du cytoplasme hépatique et du pancréas. Valeurs exprimant en phosphore la part de chaque ribonucléotide dans le phosphore ribonucléique total.

		Acide			
Organe.	Nombre exp.	guanylique (%).	uridylique (%).	cytidylique (%).	adénylique (%).
Foie	14	31,1	21,7	27,0	20,2
Foie (cytoplasme seul)	9	31,1	21,4	27,8	19,7
Pancréas	6	32,1	21,5	27,0	19,4

Il résulte de l'examen du tableau qui représente nos résultats que les taux des divers ribonucléotides dans l'ARN du foie et du pancréas sont très semblables. Ainsi, non seulement la teneur en guanine de l'ARN du pancréas diminue quand on évite l'activité ribonucléasique comme l'ont constaté Bacher et Allen ([8]), mais la répartition des quatre ribonucléotides s'avère très voisine dans les deux organes considérés. Dans ces conditions, on ne peut admettre une constitution particulière de l'ensemble des ARN du pancréas par rapport à celle des AN d'autres tissus. Les différences observées paraissent devoir être mises avant tout sur le compte de l'activité ribonucléasique qu'ont subie les préparations d'ARN du pancréas avant leur étude qualitative. Ceci n'exclut pas la présence d'ARN de constitutions différentes au sein de chaque tissu, comme l'ont montré Davidson et coll. ([11]).

MICROBIOLOGIE. — *Une souche de bacille tuberculeux isoniazido-résistante peut-elle devenir sensible?* Note de M. **Miloutine Djouritchitch** et Mme **Boyona Bandour-Mandelson**, transmise par M. Gaston Ramon.

Le grand succès obtenu avec les différentes substances tuberculostatiques dans le traitement de la tuberculose humaine est notamment diminué par la possibilité et la facilité du bacille de Koch de devenir résistant vis-à-vis de ces substances.

([11]) G. W. Crosbie, R. M. S. Smellie et J. N. Davidson, *Biochem. J.*, 54, 1953, p. 287.

Tous les travaux expérimentaux comme les observations cliniques sont d'accord pour admettre que lorsqu'une souche devient résistante à un tuberculostatique correspondant, le traitement poursuivi reste sans aucun effet.

Les travaux parus jusqu'à présent montrent en général que la souche devenue résistante vis-à-vis de la streptomycine garde cette résistance indéfiniment. Cependant quelques auteurs ont trouvé que la souche de bacille tuberculeux devenue résistante vis-à-vis de l'isoniazide, mais dans une faible mesure, perd sa résistance. Ces auteurs déclarent que cette résistance pour être réversible, ne doit pas être plus grande que 1 $\mu g/cm^3$ de milieu.

Dans un travail publié avec V. Rodoytchitch, nous nous sommes servis d'une souche de bacille tuberculeux résistant en même temps à plus de 100 $\mu g/cm^3$ de streptomycine et entre 10 et 100 $\mu g/cm^3$ d'isoniazide. Les cobayes qui ont été inoculés avec cette souche ne réagissent pas du tout au traitement effectué soit avec chacun de ces tuberculostatiques, soit avec le mélange. Tous les animaux sont morts dans les mêmes délais que les cobayes témoins non traités. A l'autopsie, les animaux montraient des lésions de tuberculose généralisée.

Huit mois plus tard, nous avons inoculé à une nouvelle série de cobayes cette même souche de bacille tuberculeux qui, pendant ces huit mois, avait été réensemencée à quatre reprises différentes sur le milieu de Lœwenstein.

Ces animaux sont alors traités par l'isoniazide. Cette fois le traitement se montre tout à fait efficace. Ensuite nous avons isolé la souche chez des cobayes témoins non traités et avec cette souche comme avec la souche originale, nous avons fait une détermination de sensibilité vis-à-vis de l'isoniazide et de la streptomycine, *in vitro*.

Cette fois, nous avons pu constater que cette souche, résistante avant huit mois avait perdu sa résistance vis-à-vis de l'isoniazide et était devenue sensible à 0,01 $\mu g/cm^3$. Cependant cette souche gardait sa résistance vis-à-vis de la streptomycine.

Nous avons répété le même essai avec une souche « standard résistante » vis-à-vis de l'isoniazide. Cette fois nous n'avons pas obtenu la perte de résistance. Cette constatation confirme que toutes les souches de bacille tuberculeux résistant à l'isoniazide ne réagissent pas de la même manière.

Ces expériences nous ont démontré que la souche de bacille tuberculeux qui devient isoniazido-résistante peut au cours de délais variables devenir de nouveau sensible. Cette constatation expérimentale ne nous semble pas dénuée d'intérêt, ni du point de vue théorique, ni du point de vue pratique. Nous y reviendrons dans des études ultérieures.

IMMUNOLOGIE. — *Mise en évidence d'un antigène spécifique dans les vignes atteintes de la dégénérescence infectieuse.* Note de M. **Pierre Maillet**, transmise par M. Pierre-P. Grassé.

La dégénérescence infectieuse des vignes, dont les symptômes ont été officiellement définis à la XXVIe session de l'Office International du Vin à la Sorbonne en 1947, a déjà fait l'objet de nombreux travaux qui conduisent à l'interprétation d'une maladie à virus.

Il était dès lors logique d'essayer d'en effectuer une détermination par la méthode sérologique. Dans ce but, des lapins ont été inoculés, soit par voie intrapéritonéale, soit par voie intraveineuse, et pendant deux mois deux fois par semaine, avec du jus brut de vignes atteintes au dernier degré de dégénérescence infectieuse. L'extrait de jus de feuilles (préalablement congelées une nuit à — 10°) était centrifugé 20 mn à 3 500 t/mn, de manière à éliminer uniquement les débris cellulaires. Les doses d'inoculation ont pu atteindre 7 cm^3 en une seule fois sans choquer outre mesure les lapins.

Deux mois après les premières injections, nous avons cherché, par la méthode de réaction par précipitation à mettre en évidence un antigène spécifique dans notre lot de vignes malades. Cet antigène était fourni par des feuilles de *Rupestris* du Lot, originaire des collections de l'École Nationale d'Agriculture de Montpellier. Le lot témoin provenait d'un clône du *Rupestris* du Lot multiplié à la Station Biologique des Eyzies, et présentant des caractères sanitaires satisfaisants.

Nous nous sommes heurté dès les premières réactions à un obstacle majeur dû, d'une part à la grande acidité du jus brut de vigne (voisin de pH 4), et d'autre part à la différence de cette acidité dans les deux lots. Le jus de vignes saines avait un pH plus faible de l'ordre de 3,5. Cette grande acidité des jus déterminait des précipitations spontanées, dues principalement aux abondants tannins qu'ils contenaient, précipitations plus abondantes même dans le cas des vignes saines à pH faible.

Après diverses séries d'essais (effectués sur un sérum de lapin non inoculé) avec du jus de vigne ajusté à différents pH par adjonction de NaOH N, nous avons pu éliminer le facteur de précipitation spontanée, au voisinage de pH 5,5.

Mais ayant procédé, par injection de jus brut de vignes malades, nous avons dû éliminer l'action antigénique des protéines de la plante par saturation de l'immun sérum (18 h) avec du jus de plantes saines.

La réaction de précipitation, effectuée à la température du laboratoire soit à 25° environ, est alors sensible (avec le jus de vignes malades) pour des dilutions de jus du 1/10e au 1/100e, et très légèrement au 1/500e. La

dilution du sérum au cours de ces réactions était de 1/10e. La réaction est de même sensible aux dilutions sérums de 1/25e au 1/1000e avec une dilution jus de 1/10e. Elle est entièrement négative dans les deux cas avec du jus de vignes provenant du lot sain.

Ces premiers essais méritent d'être poursuivis et confirmés. L'emploi de jus plus purifié, pourrait vraisemblablement donner des résultats positifs à des dilutions plus faibles. Nous pensons détenir déjà par ce procédé une arme nouvelle et efficace pour diagnostiquer la dégénérescence infectieuse, notamment dans le cas de transmission par insectes piqueurs (Phylloxéra par exemple).

IMMUNOCHIMIE. — *L'analyse immunoélectrophorétique des sérums de myélomes.* Note (*) de MM. **Pierre Grabar, René Fauvert, Pierre Burtin** et **Lucien Hartmann**, transmise par M. Jacques Tréfouël.

L'analyse immunoélectrophorétique des sérums de myélomes permet une étude particulièrement fine des anomalies protéiques. Ces anomalies portent sur les γ et la β-2-globuline. Elles sont quasi constantes, même si l'électrophorèse paraît normale. Ces résultats permettent de discuter la classification en γ et β myélomes.

L'étude des protéines sériques dans la maladie de Kahler a déjà fait l'objet de nombreux travaux, basés sur la chimie, l'électrophorèse ou l'immunologie. Nous croyons intéressant de rapporter les résultats obtenus grâce à la nouvelle méthode mise au point par l'un de nous avec C. Williams, l'analyse immunoélectrophorétique ([1]).

Les principales anomalies observées portent sur les γ et la β-2-globuline.

1. Le trait de précipitation des γ-globulines est normalement unique et très allongé, se prolongeant dans toute la zone des β-globulines pour atteindre parfois les α-2-globulines. Plusieurs types de modifications peuvent être observés :

— Tantôt il existe une augmentation souvent considérable d'une zone très localisée des γ-globulines, se traduisant par un épaississement important du trait de précipitation dans cette zone. Cette anomalie est très variable dans son siège, allant des plus lentes aux plus rapides des γ-globulines. En même temps les autres γ-globulines sont diminuées ou même disparaissent.

— Tantôt il existe un trait de précipitation supplémentaire qui se raccorde partiellement à celui des γ-globulines et se situe en avant de lui, cet aspect étant très évocateur d'une réaction d'identité partielle. Ce trait supplémentaire disparaît après épuisement des anticorps anti-

(*) Séance du 4 juillet 1955.

([1]) P. Grabar et C. A. Williams Jr, *Bioch. Bioph. Acta*, 10, 1953, p. 193 et 17, 1955, p. 67.

γ-globulines. Il s'observe en particulier chez les sujets ayant une protéinurie de Bence-Jones, et disparaît après épuisement de l'immunsérum par la protéine de Bence-Jones (du même malade). Il traduit donc la présence dans le sérum de la protéine de Bence-Jones. Mais un aspect analogue peut être réalisé sans qu'il y ait la moindre protéinurie.

2. Les anomalies de la β-2-globuline ne peuvent être étudiées qu'après épuisement préalable des anticorps anti-γ-globulines, le trait de précipitation de la β-2-globuline étant avec l'immunsérum employé habituellement, masqué par celui des γ-globulines. Le plus souvent la β-2-globuline est absente dans le sérum de myélomes, quelquefois elle est très diminuée. Parfois au contraire, existe un trait de mobilité β-2 important et de forme anormalement incurvée.

Ces diverses anomalies se groupent de manière variable. Elles sont quasi constantes. Sur 30 myélomes étudiés, un seul avait un diagramme immunoélectrophorétique normal, un autre avait uniquement une disparition de la β-2-globuline. Tous les autres avaient des anomalies des γ-globulines, et pour la plupart de la β-2-globuline.

Nous avons d'autre part étudié les relations qui existent entre ces anomalies et le type électrophorétique des myélomes.

Sur 12 γ-myélomes, 10 montraient avec netteté l'image d'augmentation localisée des γ-globulines. Dans les deux autres cas, une précipitation massive des globulines peu solubles rendait difficile l'interprétation du diagramme. Quant à la β-2-globuline, elle manquait huit fois sur neuf cas étudiés.

Dix β-myélomes avaient des images plus variées. Dans tous les cas existait une anomalie des γ-globulines de l'un ou l'autre type. La γ-2-globuline était absente quatre fois, diminuée deux fois, donnait un trait de précipitation anormalement net dans les quatre derniers cas. Les anomalies électrophorétiques des β-myélomes peuvent donc être dues uniquement à une augmentation des γ-globulines au sens immunochimique du mot, ailleurs elles relèvent de faits plus complexes.

Les anomalies ne sont pas moins diverses dans les myélomes de mobilité intermédiaire (trois cas) et pour les sérums au tracé électrophorétique apparemment normal. Enfin un sérum anormalement pauvre en γ-globulines n'avait pas non plus de β-2-globuline.

La valeur diagnostique de ces faits ne peut à l'heure actuelle être considérée comme formelle, mais il est déjà certain que l'analyse immunoélectrophorétique donne dans la maladie de Kahler des renseignements d'une finesse et d'une sensibilité remarquables.

A 15 h 45 m l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16 h. L. B.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus pendant les séances de juin 1955.

Donzère-Mondragon. Numéro hors série de *La houille blanche*. Grenoble, 1955 ; 1 vol. 31 cm (présenté par M. Ch. Jacob).

Physique générale et expérimentale. Vol. I : *Mécanique physique*. Vol. II : *Chaleur thermodynamique : États de la matière*. Vol. III : *Vibrations mécaniques. Acoustique*, par Pierre Fleury et Jean-Paul Mathieu. Paris, Eyrolles, 1955; 3 vol. 25 cm.

France et Brésil. Avant-propos de Charles Braibant. 24 mai-27 juin 1955, Paris, Hôtel de Rohan; 1 vol. 23 cm.

Introduction à l'étude de la couche limite, par Edmond-A. Brun. Paris, Gauthier-Villars, 1955; 1 vol. 25 cm.

Les ions en solution. I. *Équilibres électrochimiques*. II. *Cinétique électrochimique*, par René Audubert. Paris, Presses universitaires de France, 1955; 2 fasc. 19 cm.

Étude sur les Juglandaceae. A la recherche d'une conception morphologique de la fleur femelle et du fruit, par Jean F. Leroy. *Thèse*. Lons-le-Saunier, Imprimerie Maurice Declume, 1954; 1 vol. 26 cm.

Traité de paléontologie. T. V. *La sortie des eaux, naissance de la tétrapodie. L'exubérance de la vie végétative. La conquête de l'air. Amphibiens, Reptiles, Oiseaux*, par Jean Piveteau, Jean-Pierre Lehmann, Erik Jarvik, Colette Dechaseaux, Eigil Nielsen, Pierre de Saint-Seine, Bernard Peyer, Émile Kuhn-Schnyder, Frédéric-Marie Bergounioux, Robert Hoffstetter, Johan Kälin, Albert F. de Lapparent, René Lavocat. Paris, Masson, 1955; 1 vol. 25 cm (présenté par M. Ch. Jacob).

Académie bulgare des sciences. *Metody Popov* 1881-1954. Sofia, 1954; 1 vol. 21 cm.

The Role of humoral agents in nervous activity, by Bruno Minz. Springfield, Charles C. Thomas, 1955; 1 vol. 22,5 cm.

Star-Streaming and spiral structure, by Bertil Lindblad, *in Stockholms observatoriums Annaler*. Band 18, nº 6. Stockholm, Almqvist and Wiksells Boktryckeri AB. Berlin, Natura Buchhandlung; London, Lewis and Co; Paris Librairie Klinsksieck, 1955; 1 fasc. 28,5 cm.

Index generalis 1954-1955, dirigé par S. de Montessus de Ballore. Paris, Dunod, 1955; 1 vol. 24 cm (présenté par M. P. Montel).

(*A suivre*).

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 18 JUILLET 1955.

PRÉSIDENCE DE M. ARMAND DE GRAMONT

MEMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

EMBRYOGÉNIE VÉGÉTALE. — *Embryogénie des Ombellifères. Développement de l'embryon chez le* Seseli montanum *L.* Note (*) de M. **RENÉ SOUÈGES**.

Le *Seseli montanum*, qui, par les particularités de son calice surtout, se sépare du *Silaus pratensis*, obéit aux mêmes lois que cette dernière espèce dans la construction de son embryon. Chez le *Peucedanum austriacum* des caractères embryogéniques semblables ont été observés. Les Sésélinées et les Peucédanées se détacheraient ainsi nettement des autres tribus d'Ombellifères déja examinées à ce jour.

Dans la tribu des Sésélinées, Ombellifères parfaites haplozygiées, caractérisées par la section arrondie de leur diakène, on distingue deux groupes de plantes : d'une part celles qui possèdent un calice nettement développé, d'autre part celles chez lesquelles ce verticille est fort réduit, même nul, comme chez les *Silaus* dont une espèce, le *S. pratensis* Bess. (*S. flavescens* Bernh.), a fait dernièrement l'objet de rigoureuses recherches embryogéniques (1). Celles-ci ont conduit à des résultats bien tranchés et ont permis de rapporter le *Silaus* à un type embryonomique déja défini, celui du *Polemonium cærulum* L. (2). Ces résultats pouvaient-ils être retrouvés chez les espèces du premier groupe des Sésélinées, par exemple chez le *Seseli montanum*, plante vivace de 20 - 60 cm de haut, bien représentative, dont le calice porte des dents courtes persistantes.

La figure 3 reproduit la tétrade proembryonnaire en C_2 qui se constitue par segmentation transversale des éléments *ca* et *cb* du proembryon bicellulaire (*fig.* 1) et qui comporte en série linéaire les quatre éléments *cc*, *cd*, *m*, et *ci*. La cellule *ca* se diviserait en règle générale avant sa sœur *cb* (*fig.* 2). L'élément supérieur de la tétrade se partage par une paroi oblique

(*) Séance du 11 juillet 1955.

(1) R. SOUÈGES, *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 1948.

(2) R. SOUÈGES, *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 1338; *Bull. Soc. bot. Fr.*, 86, 1939, p. 289; *Embryogénie et Classification*, 3e fasc., 1948, p. 89.

en deux cellules juxtaposées, l'une plus grande, *a*, occupe le sommet, l'autre plus petite *b*, se place quelque peu latéralement (*fig.* 4,6,9 à 12). Quelquefois la paroi de séparation apparaît verticale (*fig.* 8), parfois transversale; mais, dans ce dernier cas (*fig.* 7), le plan vertical optique du proembryon s'écarte d'un angle de 90° du plan des figures 5 et 6.

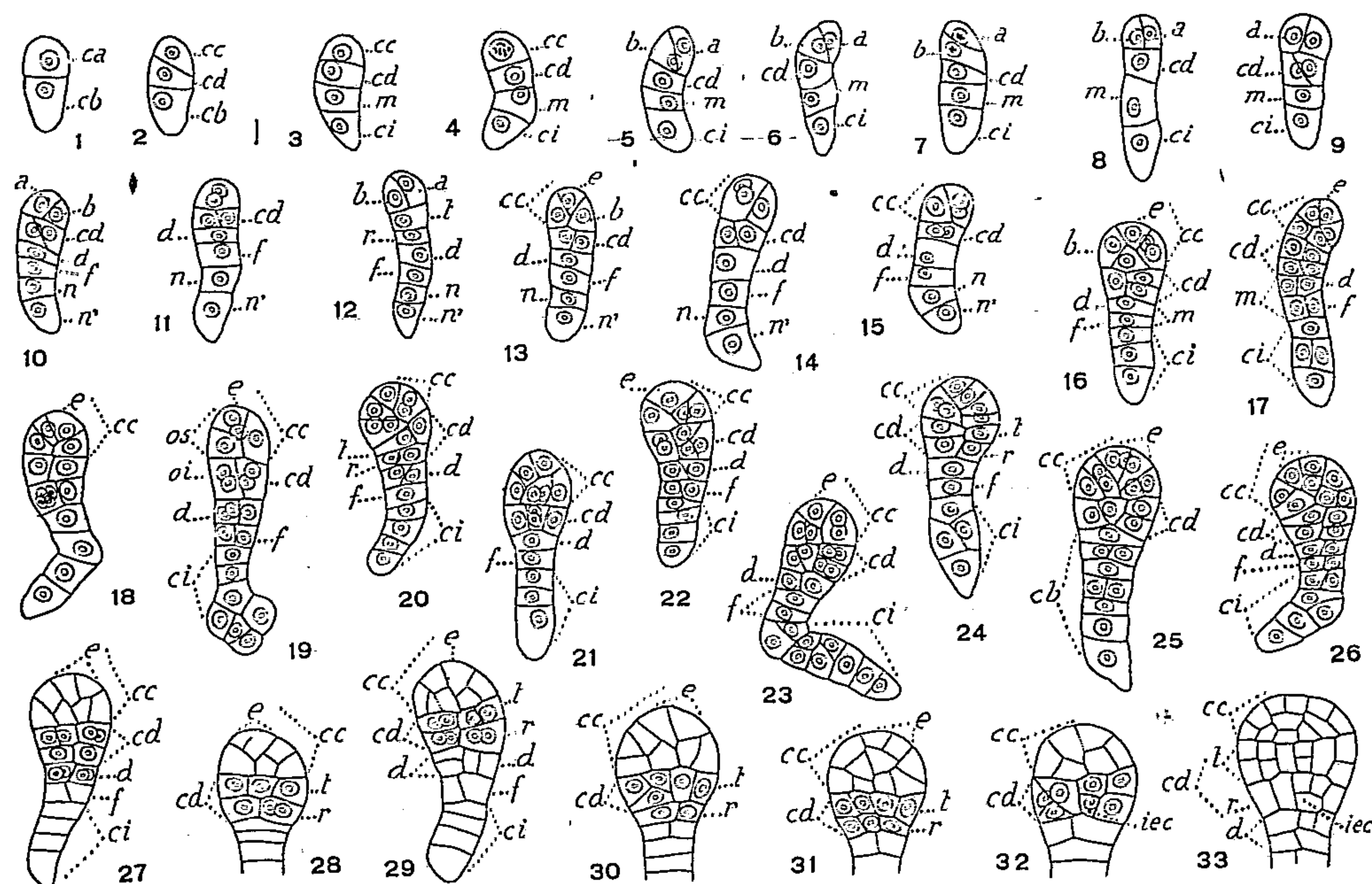


Fig. 1 à 33. — *Seseli montanum* L. — Les principaux stades du développement du proembryon. *ca* et *cb*, cellules apicale et basale du proembryon bicellulaire; *cc*, cellule-fille de *ca* ou partie cotylée *s. lato*; *a* et *b*, cellules-filles de *cc*; *e*, épiphyse; *cd*, cellule-fille inférieure de *ca* ou partie hypocotylée; *m* et *ci*, cellules-filles de *cb*; *t*, cellule-fille supérieure de *cd* ou primordium de la tige hypocotylée; *r*, cellule-fille inférieure de *cd* ou primordium de la racine; *d*, cellule-fille supérieure de *m* ou primordium de la coiffe; *f*, cellule-fille inférieure de *m*; *n* et *n'*, cellules-filles de *ci*; *os*, octants supérieurs; *oi*, octants inférieurs; *iec*, initiales de l'écorce de la racine. G. = 300.

La cellule subterminale *cd* se partage, à son tour, tantôt par une paroi à direction verticale plus ou moins inclinée en deux éléments juxtaposés (*fig.* 9, 10, 11, 13, 14), tantôt par une cloison nettement transversale en deux éléments superposés, *t* et *r* (*fig.* 12). Pendant ce temps, les deux éléments inférieurs de la tétrade, *m* et *ci*, par segmentations tranversales, produisent quatre cellules superposées : *d* et *f* tirant origine de *m*, *n* et *n'* dérivant de *ci* (*fig.* 10, 11, 14). Au terme de ces divisions, le proembryon est octocellulaire et se montre composé de six étages dans le premier cas (*fig.* 10), de sept dans le deuxième (*fig.* 12). Toutes les formes qui apparaissent ultérieurement dérivent de l'un ou de l'autre de ces deux types de proembryons octocellulaires.

Les figures 13, 14, 15 montrent comment la cellule *a*, fille de *cc*, en se segmentant obliquement, isole une cellule terminale qui se comporte comme cellule épiphysaire. L'élément *b*, à peu près en même temps, prend une cloison plus ou moins voisine de la verticale pour engendrer deux cellules qui, avec les deux précédentes issues de *a*, prennent une disposition tétraédrique, et, par leur origine, correspondent à des octants supérieurs, *os* (*fig.* 18, 19, 22). Celle de ces quatre cellules, qui, occupant, le sommet, représente l'épiphyse, produit la tige épicotylée; les trois autres, inférieurement placées, engendrent la partie cotylée *s. stricto*, génératrice latéralement des deux cotylédons.

Dans les formes octocellulaires à six étages (*fig.* 10, 11), les deux cellules juxtaposées en *cd*, par divisions verticales méridiennes, donnent quatre cellules circumaxiales qui sont homologues d'octants inférieurs, *oi* (*fig.* 19). Dans ces cellules les parois de segmentation sont ensuite verticales (*fig.* 21), ou bien obliques (*fig.* 22 à droite, *fig.* 25, 30 et 32 à gauche), parfois nettement horizontales (*fig.* 23, 25 à droite). Peu après, tous les éléments issus de *cd* se trouvent partagés transversalement en deux étages *t* et *r*, rappelant ceux qui s'établissent dès le stade octocellulaire dans les formes à sept étages. A ces dernières se rattachent les proembryons figurés en 17, en 20, en 26, 27, 28, 30, peut-être 18); en 17, 20, 26, les deux éléments *t* et *r* se seraient divisés longitudinalement; ils auraient subi au niveau de *t*, de nouvelles segmentations longitudinales, d'abord en 27 et 30, puis en 28 et 31. Aux dépens de *t*, se constitue le primordium de la tige hypocotylée; aux dépens de *r*, le rudiment de la racine. Les formes que représentent les figures 30 à 33 sont très étroitement comparables à celles qui ont été dessinées en 22 et 23 dans la Note relative au *Silaus pratensis* (1954) (¹). Les processus de division qui leur donnent naissance et les destinées de leurs parties constitutives sont exactement les mêmes.

Le blastomère *d* engendre la portion médiane de la coiffe. En 17, 20, 22, 26, il a produit deux, puis, en 19, 27, 32, quatre cellules circumaxiales, qui, se cloisonnant transversalement (*fig.* 29, 33), engendrent les deux premières assises de coiffe; celle du haut est composée des tout premiers éléments de la couche calyptrogène. Aux dépens des éléments inférieurs du proembryon octocellulaire, *f*, *n* et *n'*, se développe un suspenseur *s. stricto* qui offre parfois des variations assez singulières dans sa forme, ses dimensions et sa composition cellulaire (*fig.* 19, 23, 26, 29).

Il se dégage nettement de ces observations que les lois du développement embryonnaire, chez le *Seseli montanum* L., sont essentiellement les mêmes que celles qui ont été établies au sujet du *Silaus pratensis* Bess. et du *Peucedanum austriacum* Koch (³). Les trois espèces appartiennent à deux tribus fort voisines, les deux premières aux Sésélinées, la troisième aux Peucédanées; on voit que les différences purement organographiques qui servent à les distinguer n'ont pas de répercussion sur leurs processus embryogéniques. Ces processus sont ceux qui ont servi à définir antérieurement le type embryonomique du *Polemonium cœruleum* L., type qui se rattache au mégarchétype V, dans la première période et le cinquième groupe du système embryogénique. Au même mégarchétype appartient le type de l'*Hyoscyamus niger* L., au même groupe le type du *Myosotis hispida* Schlecht. Les relations des Ombellifères, de la sorte, avec les plantes gamopétales de l'alliance des Polémoniales ou Solanales se trouvent confirmées pleinement (⁴). Restent à déterminer l'étendue de ces rapports et tous autres liens de parenté que peuvent offrir les nombreux représentants de la famille qui en compte plus de 2 000 répartis dans 160 genres environ et qui jusqu'ici s'est montrée profondément hétérogène dans ses affinités.

A l'heure actuelle, les quelques espèces qui ont été sérieusement examinées s'apparentent à trois archétypes : 1° celui du *Viola tricolor* L., du mégarché-

---

(³) R. Souèges, *Comptes rendus*, **239**, 1954, p. 1327.

(⁴) *Voir* R. Souèges, *Embryogénie et Classification*, 3ᵉ fasc., 1948, p. 53, 75, 84, 87; 4ᵉ fasc. 1951, p. 54.

type III, dans le deuxième groupe, type auquel sembleraient se rattacher les Ombellifères dites imparfaites, les Saniculées par exemple; 2° celui du *Polemonium cæruleum* L., du mégarchétype V dans le cinquième groupe, duquel dépendraient les Sésélinées et les Peucédanées; 3° celui du *Ligustrum ovalifolium* Hassk., du mégarchétype III dans le onzième groupe dont procéderaient les Amminées, les Caucalinées et les Laserpitiées. Ce n'est là qu'un cadre d'attente, rudimentaire, qui peut servir de base, pouvant être modifié, comporter de nombreuses subdivisions.

M. **Gaston Julia** présente à l'Académie deux livres récemment parus dans la *Collection des Cahiers scientifiques* qu'il dirige :

1° *Représentation conforme et transformations à intégrale de Dirichlet bornée*, par Mme Jacqueline Lelong-Ferrand;

2° *Introduction mathématique aux théories quantiques* (2e Partie), par M. Gaston Julia.

Il résume en quelques mots le contenu de ces deux Ouvrages.

M. **Paul Fourmarier** adresse en hommage à l'Académie l'Ouvrage intitulé : *Prodrome d'une description géologique de la Belgique*, publié à l'occasion de son soixante-quinzième anniversaire par la Société géologique de Belgique. Ce volume a été établi sous sa direction et avec sa participation, par une série de collaborateurs.

Les Ouvrages suivants sont présentés :

par M. **Louis de Broglie** :

1° *La théorie du champ unifié d'Einstein et quelques-uns de ses développements*, par Marie-Antoinette Tonnelat. Préface d'André Lichnerowicz.

2° *Lavoisier, théoricien et expérimentateur*, par Maurice Daumas.

par M. **Raoul Combes** : *Les rongeurs domestiques nuisibles. Aperçu sur leur légende, leur histoire, leur vie, les dangers qu'ils représentent et les moyens de les combattre*, par J. Lhoste.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Une question controversée. Vauquelin fut-il membre de l'Académie des sciences ?*, par MAURICE BOUVET, in *Revue d'histoire de la pharmacie*.

2° Université de Paris. *Les Conférences du Palais de la Découverte*. Série A, nos 206, 207, 208. Série D, n° 35.

3° Institut des Parcs nationaux du Congo belge. *Les Parcs nationaux du Congo belge*.

4° id. Exploration du Parc national Albert. *Mission G. F. de Witte* (1933-1935). Fasc. 84. *Mission J. de Heinzelin de Braucourt* (1950). Fasc. 1.

5° id. Exploration du Parc national de l'Upemba. *Mission G. F. de Witte, en collaboration avec W. Adam, A. Janssens, L. Van Meel et R. Verheyen* (1946-1949). Fasc. 37, 39.

6° id. Exploration du Parc national de la Kagera. *Mission J. Lebrun* (1937-1938). Fasc. 2.

7° PIERRE MONNET. *Phénomènes de toujours et conception d'aujourd'hui : La réaction en chaîne. — Une expérience de correction torrentielle donnerait-elle la clé du phénomène des transports solides par les eaux courantes ?*

8° *Nuclear power reactors. A Report to the U. S. Atomic Energy Commission, by the Nuclear power project staff of Foster Wheeler Corporation, New York, and Pioneer Service & Engineering Co, Chicago*. Vol. II.

9° Argonne National Laboratory. *Manual of special materials analytical Laboratory procedures*. Compiled by JAMES H. PATTERSON.

10° *Festschrift der Arbeitsgemeinschaft für Forschung des Landes Nordrhein-Wetsfalen zu Ehren des Herrn Ministerpräsidenten Karl Arnold, anlässlich des fünfjährigen Bestehens der Arbeitsgemeinschaft für Forschung am 4, Mai* 1955.

11° The Japan Society of Mechanical Engineers. The Japan Science Review. *Mechanical & Electrical Engineering*. Vol. I, n° 1.

ANALYSE LINÉAIRE. — *Sur une propriété des matrices doublement stochastiques.* Note (*) de M. **CLAUDE BERGE**, présentée par M. Louis de Broglie.

La propriété énoncée ici conduit à la généralisation d'un résultat de Hardy, Littlewood et Polyá (1) et de J. Karamata (2).

Nous désignerons par $P = ((p^i_j))$ une matrice carrée d'ordre n et doublement

(*) Séance du 11 juillet 1955.

(1) *Inequalities* (C. U. P.), p. 89.

(2) *Fonctions convexes symétriques* (*Pub. math. univ. Belgrade*, 1, 1932), p. 145.

stochastique, c'est-à-dire telle que

$$p^i_j \geqq 0 \qquad (i \leqq n, j \leqq n),$$

$$\sum_{i=1}^{n} p^i_j = 1 \qquad (j \leqq n),$$

$$\sum_{j=1}^{n} p^i_j = 1 \qquad (i \leqq n).$$

Nous appelons matrice *doublement stochastique élémentaire* (d. s. e.) une matrice d. s. qui n'a que quatre coefficients non nuls et non égaux à 1.

THÉORÈME. — *Soit* $x \in \mathrm{R}^n$, *et soit* P *une matrice d. s. d'ordre n; il existe des matrices d. s. e.* $\overline{\mathrm{P}}_\alpha$, $\overline{\mathrm{P}}_\beta$, ..., $\overline{\mathrm{P}}_\gamma$ *telles que*

$$\overline{\mathrm{P}}x = \overline{\mathrm{P}}_\alpha, \overline{\mathrm{P}}_\beta, \ldots, \overline{\mathrm{P}}_\gamma x.$$

Le théorème étant vrai pour $n=2$, supposons-le vérifié pour 2, 3, ... $(n-1)$, et montrons qu'il est alors vérifié pour n. On sait ([3]) qu'une condition nécessaire et suffisante pour que $y = \mathrm{P}x$ est que, après un changement convenable de coordonnées, on ait

$$\begin{aligned} &x_1 \leqq x_2 \leqq \ldots \leqq x_n, \\ &y_1 \leqq y_2 \leqq \ldots \leqq y_n, \\ &x_1 + x_2 + \ldots + x_k \leqq y_1 + y_2 + \ldots + y_k \qquad (k < n), \\ &x_1 + x_2 + \ldots + x_n = y_1 + y_2 + \ldots + y_n. \end{aligned}$$

On vérifie, comme dans le théorème de Hardy ([4]), qu'il existe un vecteur $x' = \overline{\mathrm{P}}_1 \; \overline{\mathrm{P}}_2 \; \ldots \; \overline{\mathrm{P}}_\nu x$, tel que les inégalités précédentes soient vérifiées avec x', et que, en outre, on ait pour un indice $m (< n)$:

$$x'_1 + x'_2 + \ldots + x'_m = y_1 + y_2 + \ldots + y_m.$$

On peut donc écrire $\mathrm{P}x = \mathrm{P}_0 x'$, où $\mathrm{P}_0 = \mathrm{P}^m_0 \odot \mathrm{P}^{n-m}_0$ est une matrice décomposable en deux matrices d. s. d'ordre m et $n-m$.

En supposant $m > 2$, on peut écrire

$$\mathrm{P}^m_0 \overline{x}'^m = \overline{\mathrm{P}}^m_i \overline{\mathrm{P}}^m_j \ldots \overline{\mathrm{P}}^m_q \overline{x}'^m.$$

D'où

$$\mathrm{P}x = \mathrm{P}_0 x' = \mathrm{P}^n_0 \odot \mathrm{P}^{n-m}_0 x' = (\overline{\mathrm{P}}^m_i \odot \mathrm{I}^{n-m})(\overline{\mathrm{P}}^m_j \odot \mathrm{I}^{n-m}) \ldots (\overline{\mathrm{P}}^m_q \odot \mathrm{P}^{n-m}_0) x'.$$

Comme on a supposé que $(\mathrm{P}^m_q \odot \mathrm{P}^{n-m}_0) x' = \overline{\mathrm{P}}_\alpha \overline{\mathrm{P}}_\beta \ldots \overline{\mathrm{P}}_\lambda x'$, le théorème est bien démontré.

([3]) *Cf.* A. OSTROWSKI, *J. Math. pures et appl.*, 31, 1952, p. 260.

([4]) *Cf.* HARDY, LITTLEWOOD et POLYÁ, *op cit.*, p. 45.

CONSÉQUENCE FONDAMENTALE. — *Si x, $y = Px \in R^n$, et si $\Phi(x_1, x_2, \ldots, x_n) = \Phi(x)$ est une fonction symétrique convexe dans R^n, on a*

$$\Phi(y_1, y_2, \ldots, y_n) \leqq \Phi(x_1, x_2, \ldots, x_n).$$

En effet, on peut écrire $y = \overline{P}_1 \overline{P}_2 \ldots \overline{P}_k x$ où $\overline{P}_1, \overline{P}_2, \ldots, P_k$ sont des matrices d. s. e.; si $z = \overline{P} x$, où $\overline{P}$ est une matrice d. s. e., dont les coefficients non nuls et non égaux à 1 sont p et q, on a

$$\begin{aligned}\Phi(z) &= \Phi(x_1, x_2, \ldots, px_i + qx_j, x_{i+1}, \ldots, px_j + qx_i, x_{j+1}, \ldots, x_n)\\ &\leqq p\Phi(x_1, \ldots, x_i, \ldots, x_j, \ldots, x_n) + q\Phi(x_1, \ldots, x_j, \ldots, x_i, \ldots x_n) = \Phi(x).\end{aligned}$$

On a donc bien l'inégalité annoncée.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur un théorème fondamental de M. Milloux.* Note (*) de M. **King-Lai Hiong**, présentée par M. Paul Montel.

Un théorème donné par M. Milloux sous certaines conditions restrictives est démontré dans toute sa généralité avec une amélioration souhaitable pour l'inégalité qui s'y rattache, et une extension a été obtenue.

1. Soient $f(x)$, une fonction méromorphe dans un domaine D comprenant l'origine; $\alpha_i(x)$ $(i = 0, 1, \ldots, l)$, $l+1$ fonctions holomorphes dans D, dont $\alpha_l \not\equiv 0$ et l'on pose $f_l = \sum_{i=0}^{l} \alpha_i f^{(i)}$. Après avoir établi l'inégalité fondamentale

$$\text{(1)} \qquad T(r, f) < (l+1) N(r, f) + N\left(r, \frac{1}{f}\right) + N\left(r, \frac{1}{f_l - 1}\right) + S(r),$$

M. Milloux dit que, dans le cas où $\alpha_0 \not\equiv 0$, si l'on suppose que les α_i $(i = 1, \ldots, l)$ ne s'annulent pas et $a\alpha_0 - b \not\equiv 0$, on peut remplacer dans (1) les deux derniers indices de densité par ceux relatifs aux zéros de $f - a$ et aux zéros de $f_l - b$ $(b \not\equiv 0)$ (¹). Nous cherchons à supprimer ces conditions restrictives et à réduire à 1 le coefficient de $N(r, f)$ (²). La méthode que nous utiliserons diffère de celle indiquée par M. Milloux en ce que nous ne recourons pas à la transformation au cas où $a = 0$ et $b = 1$.

2. Partant d'une identité de M. R. Nevanlinna, nous démontrons d'une façon simple que si $f(0) \neq 0, 1, \infty$ et $f'(0) \neq 0$, on a l'inégalité précise

$$\text{(2)} \qquad T(r, f) < N(r, f) + N\left(r, \frac{1}{f}\right) + N\left(r, \frac{1}{f-1}\right) - \left(N_1(r, f) + N\left(r, \frac{1}{f'}\right)\right) + S(r, f),$$

(*) Séance du 11 juillet 1955.

(¹) MILLOUX, *Actual. Scient. et Ind.*, n° 888, 1940.

(²) Pour le cas où $\alpha_0 = 0$ et le cas où $\alpha_0 \not\equiv 0$ mais $a = 0$ et $b = 1$, cette réduction a été faite dans un Mémoire en cours de publication (*Bull. Sc. Math.*).

avec $N_1(r, f) = 2N(r, f) - N(r, f')$ et

$$(3) \quad S(r,f) = 42 + 2\overset{+}{\log}|f(o)| + \log\left|\frac{1}{f'(o)}\right| + 2\overset{+}{\log}\frac{1}{\rho} + 4\log\frac{\rho}{r} + 6\log\frac{\rho}{\rho - r} + 8\overset{+}{\log}T(\rho, f)$$

pourvu que le cercle $|x| = \rho$ soit dans D.

Prenons ensuite comme fonction auxiliaire $\Psi(x)$ holomorphe dans D, qui ne s'annule pas identiquement. $g(x)$ étant une fonction méromorphe dans D, l'inégalité (2) appliquée à g/Ψ donne la suivante

$$(4) \quad T(r, g) < N(r, g) + N\left(r, \frac{1}{g}\right) + N\left(r, \frac{1}{g - \Psi}\right) - N_1(r, g) + m(r, \rho, \Psi) + S(r, g, \Psi)$$

avec $m(r, \rho, \Psi) = 3m(r, \Psi) + 8\overset{+}{\log}m(\rho, \Psi)$ et

$$(5) \quad \begin{aligned} S(r, g, \Psi) = 74 &+ 3\overset{+}{\log}\left|\frac{1}{\Psi(o)}\right| + 2\overset{+}{\log}|g(o)| \\ &+ \log\left|\frac{1}{\Psi(o)g'(o) - \Psi'(o)g(o)}\right| + 2\overset{+}{\log}\frac{\rho}{1} + 4\log\frac{\rho}{r} \\ &+ 6\log\frac{\rho}{\rho - r} + 8\overset{+}{\log}T(\rho, g), \end{aligned}$$

à condition que $g(o) \neq o, \infty, \Psi(o)$; $\Psi(o) \neq o$; et $\Psi(o)g'(o) - \Psi'(o)g(o) \neq o$.

3. Soient une fonction méromorphe dans D; posons $F_l = \sum_{i=0}^{l} \alpha_i F^{(i)}$ et appliquons l'inégalité (4) à F_l. A l'aide de ce que nous avons prouvé sur les indices [Mém. cité ([2])], nous obtenons l'énoncé : *Si* $F(o) \neq o, \infty$; $F_l(o) \neq o, \Psi(o)$; $\Psi(o) \neq o$; *et* $\Psi(o)F'_l(o) - \Psi'(o)F_l(o) \neq o$, *on a pour* $r < \rho$ *l'inégalité*

$$(6) \quad T(r, F) < N(r, F) + N\left(r, \frac{1}{F}\right) + N\left(r, \frac{1}{F_l - \Psi}\right) - N_1(r, F) + m(r, \rho, \Psi) + S_l(r, F, \Psi)$$

où, en posant $D(x) = \Psi(x)F'_l(x) - \Psi'(x)F_l(x)$,

$$m(r, \rho, \Psi) = \sum_{i=0}^{l} m(r, \alpha_i) + 3m(r, \Psi) + 8\sum_{i=0}^{l}\overset{+}{\log}m(\rho, \alpha_i) + 8\overset{+}{\log}m(\rho, \Psi),$$

$$(7) \quad \begin{aligned} S_l(r, F, \Psi) = A_l &+ 3\overset{+}{\log}\left|\frac{1}{\Psi(o)}\right| + \overset{+}{\log}|F(o)| \\ &+ \overset{+}{\log}|F_l(o)| + \overset{+}{\log}\left|\frac{1}{F_l(o)}\right| + \log\left|\frac{1}{D(o)}\right| + B_l\overset{-}{\log}\frac{1}{r} \\ &+ B'_l\log\frac{\rho}{r} + B''_l\log\frac{\rho}{\rho - r} + C_l\overset{+}{\log}T(\rho, F) \end{aligned}$$

A_l, B_l, ..., C_l *étant des nombres qui ne dépendent que de* l. *Le cercle* $|x| = \rho$ *doit se trouver bien entendu dans* D.

4. Revenons à la fonction f; soient deux nombres finis a et b avec $b \neq 0$. Appliquons l'inégalité (6) à $f - a$ et prenons $\Psi = b - a\alpha_0$, ce qui est toujours possible puisque $\Psi \not\equiv 0$ et $b \neq 0$. Nous parvenons ainsi à établir le

Théorème I. — *Les fonctions f, α_i et f_l étant définies comme au § 1, soient deux nombres finis a et b avec $b \neq 0$, tels que les distances sphériques $|\infty, a|$ et $|\infty, b|$ soient au moins égales à $\delta > 0$. On suppose que $f(0) \neq a, \infty$; $f_l(0) \neq a\alpha_0(0), b$; et $\Delta(0) \neq 0$ avec*

$$\Delta(x) = (b - a\alpha_0)(f'_l - a\alpha_0) + a\alpha'_0(f_l - a\alpha_0);$$

et puis $b - a\alpha_0(0) \neq 0$. Alors, on a, pour $r < \rho$, l'inégalité

$$(8)\quad T(r, f) < N(r, f) + N\left(r, \frac{1}{f-a}\right) + N\left(r, \frac{1}{f_l - b}\right) - N_1(r, f) + M(r, \rho) + S_l(r)$$

avec

$$(9)\quad M(r, \rho) = 6\overset{+}{\log} M(r, \alpha_0) + \sum_{i=1}^{l} \overset{+}{\log} M(r, \alpha_i) + 16 \overset{+}{\log}\overset{+}{\log} M(\rho, \alpha_0) + 8\sum_{i=1}^{l} \overset{+}{\log}\overset{+}{\log} M(\rho, \alpha_i),$$

$$(10)\quad S_l(r) = \bar{A}_l + 10\log\frac{1}{\delta} + \overset{+}{\log}|\alpha_0(0)| + 3\overset{+}{\log}\left|\frac{1}{b - a\alpha_0(0)}\right| + \overset{+}{\log}|f(0)|$$
$$+ \overset{+}{\log}|f_l(0)| + \overset{+}{\log}\left|\frac{1}{f_l(0) - a\alpha_0(0)}\right| + \log\left|\frac{1}{\Delta(0)}\right| + \bar{B}_l \overset{+}{\log}\frac{1}{r}$$
$$+ \bar{B}'_l \log\frac{\rho}{r} + \bar{B}''_l \log\frac{\rho}{\rho - r} + \bar{C}_l \overset{+}{\log} T(\rho, f)$$

à condition que le cercle $|x| = \rho$ soit compris dans D.

5. Pour obtenir une extension, soient deux fonctions holomorphes dans D $\varphi(x)$ et $\psi(x)$, dont ψ ne s'annule pas identiquement. On considère f, α_i, et f_l, et l'on pose $\varphi_l = \sum_{i=0}^{l} \alpha_i \varphi^{(i)}$. En appliquant l'inégalité (6) à $f - \varphi$, on obtient le

Théorème II. — *On considère les fonctions f, α_i, f_l ainsi que φ, ψ et φ_l définies précédemment, et l'on suppose que ψ ne soit pas identique à φ_l. Si $f(0) \neq \varphi(0), \infty$; $f_l(0) \neq \psi_l(0), \psi(0)$; et $\Delta^*(0) \neq 0$ avec*

$$\Delta^*(x) = (\psi - \varphi_2)(f'_l - \varphi'_l) - (\psi' - \varphi'_l)(f_l - \varphi_l),$$

et puis $\psi(0) \neq \varphi_l(0)$, on a, pour $r < \rho$, l'inégalité

$$(11)\quad T(r, f) < N(r, f) + N\left(r, \frac{1}{f - \varphi}\right) + N\left(r, \frac{1}{f_l - \psi}\right) - N_1(r, f) + M^*(r, \rho) + S^*_l(r)$$

pourvu que le cercle $|x| = \rho$ soit situé dans D. *$M^*(r, \rho)$ est une expression analogue à (9) et dépendant des modules maxima des fonctions α_i, φ et ψ pour $|x| = r$ et $|x| = \rho$; et $S^*_l(r)$ est une expression analogue à (10).*

Remarque. — Les restrictions relatives à l'origine dans chacun des théorèmes peuvent être levées par un procédé connu.

GÉOMÉTRIE DES NOMBRES. — *Propriétés arithmo-géométriques des ovales.* Note (*) de M. **Eugène Ehrhart**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

Cette Communication fait suite à trois Notes sur les ovales et les ovoïdes en géométrie des nombres [1].

Définitions. — Les mêmes que dans les Notes précédentes. En plus nous appelons *noyau* d'un ovale la région du plan qui lui est commune avec son symétrique par rapport au centre de gravité.

Théorème 1. — *Si un ovale n'a que trois diamètres principaux, l'aire du noyau est supérieure ou égale aux* 2/3 *de son aire. La limite n'est atteinte que pour les triangles* [2].

Soient AB, A'B', A''B'' les trois diamètres principaux, 2S l'aire du noyau, a, b, c les aires des trois parties de l'ovale qui dépassent le noyau, dont elles sont séparées par les arcs AA', A''B, B'B'' de l'ovale symétrique. Le lemme 1 de la Note I, appliqué aux trois diamètres, permet d'écrire

$$S+b+c<\frac{5}{4}(S+a),\qquad S+c+a<\frac{5}{4}(S+b),\qquad S+a+b<\frac{5}{4}(S+c).$$

Par addition on en déduit que $a+b+c<S$.

Pour un triangle les signes d'inégalité sont remplacés par le signe d'égalité.

Théorème 2. — *Tout quadrilatère convexe, autre qu'un parallélogramme, a juste trois diamètres principaux.*

Comme tout ovale, il en a au moins trois (Note I, lemme 3). Il suffit donc de montrer qu'il en a trois au plus.

Trois diamètres principaux ont six extrémités. Il existe donc un côté du quadrilatère ABCD, soit AB, qui porte deux de ces extrémités M, N. Leurs symétriques M', N' par rapport au centre de gravité du quadrilatère ne peuvent se trouver sur un même côté, car il serait parallèle à AB et ABCD serait un trapèze à centre de gravité équidistant des deux bases, c'est-à-dire un parallélogramme.

Supposons d'abord que M' *soit sur* CD *et* N' *sur* AD. Sur AB il ne peut y avoir une extrémité P d'un troisième diamètre principal, car M', N', P' seraient situés sur une même parallèle à AB, qui couperait le contour du quadrilatère en trois points. Les segments DM', DN' ne peuvent porter P, car P' serait sur le segment MN et donc sur AB. Il s'ensuit que tout diamètre principal autre

(*) Séance du 11 juillet 1955.

(1) Note I, *Comptes rendus*, 240, 1955, p. 483; Note II, *Comptes rendus*, 240, 1955, p. 583; Note III, *Comptes rendus*, 240, 1955, p. 935.

(2) La restriction « n'a que trois diamètres principaux » est très probablement superflue.

que MM′, NN′ a une extrémité sur AN′. S'il existait plus de trois diamètres principaux, un côté AD porterait donc trois de leurs extrémités, ce qui, on vient de le voir, est impossible.

Supposons à présent que M′ *soit sur* CB, N′ étant encore sur AD. AB ne pouvant porter trois extrémités, P est sur AD et P′ sur BC. Ces côtés ne peuvent porter une troisième extrémité : il n'y a que trois diamètres principaux.

THÉORÈME 3. — *Si chaque partie qui dépasse le noyau d'un polygone convexe ne s'appuie sur son contour que par deux segments de droite, l'aire du noyau est supérieure aux* 2/3 *de son aire.* (*La limite est atteinte pour les triangles.*)

Soit G le centre de gravité du polygone. Une partie $\mathfrak{P}$ qui dépasse le noyau s'appuie sur le contour du polygone par deux segments AB, AC et sur le noyau par une ligne brisée BC. GA coupe cette dernière en D et le contour du polygone en D′, symétrique de D par rapport à G. D'après le théorème 1 de la Note I, GA $<$ GD. L'aire du quadrilatère GBDC est donc supérieure à celle du quadrilatère ABDC, qui est supérieure ou égale à celle de $\mathfrak{P}$.

On en conclut que la moitié de l'aire du noyau est supérieure à l'aire totale des parties qui le dépassent.

THÉORÈME. 4. — *Si un ovale, centré à l'origine* G *d'un réseau, n'a que trois diamètres principaux et que son aire est supérieure à* 6, *il renferme deux points entiers symétriques par rapport à* G [3]. *La limite* 6 *peut être atteinte par certains triangles.* (Ainsi celui de sommets (2, 0), (0, —2), (—2, +2), centré à l'origine et d'aire 6, ne contient pas de couple de points entiers *symétriques.*)

Le noyau est un ovale, qui a l'origine pour centre de symétrie. Son aire est supérieure à $2/3 . 6 = 4$ (théorème 1). D'après le théorème de Minkowski, il renferme donc deux points entiers symétriques par rapport à G.

THÉORÈME 5. — *Tout quadrilatère convexe, centré à l'origine* G *d'un réseau et d'aire supérieure à* 6, *renferme deux points entiers symétriques par rapport à* G.

Cela résulte immédiatement des théorèmes 2 et 4, ou, si le quadrilatère est un parallélogramme, du théorème de Minkowski.

THÉORÈME 6. — *Si l'aire d'un polygone convexe, centré à l'origine* G *d'un réseau, est supérieure à* 6 *et que chaque partie qui dépasse son noyau ne s'appuie sur son contour que par deux segments de droite, il renferme deux points entiers symétriques par rapport à* G. La limite 6 peut être atteinte par certains triangles.

Le théorème de Minkowski s'applique à son noyau, dont l'aire est supérieure à 4 (théorème 3).

THÉORÈME 7. — *Si un ovale, centré à l'origine* G *d'un réseau et d'aire supérieure à* 4,5, *ne renferme que deux points entiers autres que* G, *ils sont symétriques par rapport à* G.

---

(3) La restriction « n'a que trois diamètres principaux » est sans doute inutile.

Soient P_1, P_2 ces deux points. Si P_1 est dans le noyau, son symétrique P'_1 par rapport à G est entier et intérieur à l'ovale : P_2 coïncide avec P'_1.

Sinon, P_1 est situé entre deux arcs de mêmes extrémités A, A′, découpés dans les contours de l'ovale O et de son symétrique O′ par rapport à G par deux diamètres principaux consécutifs $\overrightarrow{BA}$, $\overrightarrow{B'A'}$ (ou P_1 est sur l'arc AA′ de O′). Pour fixer les idées, nous supposons A′ à droite de $\overrightarrow{BA}$. Les tangentes en A à O′ et en B à O étant parallèles, les tangentes en A et en B à O se coupent à gauche de $\overrightarrow{BA}$ ou sont parallèles. O renferme donc un point entier à gauche de $\overrightarrow{BA}$ (Note 1, démonstration du théorème fondamental). De même O renferme un point entier à droite de $\overrightarrow{B'A'}$. P_2 se trouve donc dans le secteur BGB′ de O et par suite dans le noyau. Son symétrique P'_2 par rapport à G, point entier intérieur au noyau, ne peut coïncider avec P_1.

Remarque. — Si l'ovale renferme plus de deux points entiers, il peut ne pas contenir de couple symétrique (c'est le cas du triangle envisagé au théorème 4). Si l'ovale ne renferme que deux points entiers, mais que son aire est inférieure à 4,5, ils peuvent être asymétriques ([4]).

AÉRODYNAMIQUE SUPERSONIQUE. — *Sur la résolution de l'équation régissant, en seconde approximation, les écoulements d'un fluide autour d'obstacles tridimensionnels.* Note de MM. **Maurice Fenain** et **Paul Germain**, présentée par M. Maurice Roy.

En théorie « linéaire », l'étude des écoulements supersoniques autour d'obstacles à bord d'attaque subsonique conduit à une équation de Laplace. En seconde approximation, on a une équation de Poisson dont il n'avait pas encore été donné de solution explicite dans le cas de trois dimensions. Nous résolvons ici, par un procédé qui se généralise, le cas de l'aile delta symétrique sans incidence, à profils en coin.

1. On désigne par x_1, x_2, x_3, les coordonnées trirectangulaires d'un point de l'espace, par $\Phi = U_0 x_1 + \varphi$ le potentiel des vitesses et par M_0 le nombre de Mach à l'infini amont où le vecteur vitesse, de module U_0 pris comme unité, est parallèle à l'axe des x_1.

φ, potentiel de perturbation, est développable en fonction d'un paramètre petit (l'épaisseur par ex.) et les dérivées des termes $\varphi^{(n)}$, d'ordre n, sont du même ordre que ces termes.

Si l'on note u, v, w les dérivées de φ par rapport à x_1, x_2, x_3 respectivement, toute décomposition de φ entraîne une décomposition de u, v, w, en termes repérés par les mêmes indices.

([4]) En partant du triangle de sommets A(−1, 1), B(1, 0), C(0, −1), il est facile de construire un trapèze isocèle, centré à l'origine G et d'aire légèrement supérieure à 1,5 qui renferme B, C, G comme seuls points entiers.

$\varphi^{(1)}$ et $\varphi^{(2)}$ satisfont aux équations

$$(1)\qquad L[\varphi^{(1)}] = \varphi^{(1)}_{x_2^2} + \varphi^{(1)}_{x_3^2} - \beta^2\varphi^{(1)}_{x_1^2} = 0 \qquad (\beta^2 = M_0^2 - 1),$$

$$(2)\qquad L[\varphi^{(2)}] = M_0^2 [\{1 + 2^{-1}(\gamma - 1)M_0^2\}(u^{(1)})^2 + (v^{(1)})^2 + (w^{(1)})^2]_{x_1} \qquad \left(\gamma = \frac{C_p}{c_v}\right).$$

Les données aux limites, traduisant les conditions de glissement le long de l'obstacle et les conditions de choc, sont reportées respectivement sur le plan de symétrie de l'aile ($x_3 = 0$) et sur le cône de Mach (Γ) [conditions de Lighthill ([1])].

2. On pose

$$x_1 = \beta r(1 + \rho^2)(2\rho)^{-1}, \qquad x_2 = r\cos\theta, \qquad x_3 = r\sin\theta.$$

L'écoulement est supposé conique; les fonctions u, v, w, indépendantes de r, sont choisies comme inconnues de préférence à φ.

On se place dans le plan $z = x + iy = 2\rho e^{i\theta}(1 + \rho^2 e^{2i\theta})^{-1}$ où l'obstacle est schématisé par la coupure $(-k, +k)$ $(k < 1)$ et (Γ) par les coupures $(-\infty, -1)$, $(1, +\infty)$.

En introduisant la variable conjuguée $\bar{z}$, le système

$$L(\varphi) = Fr^{-1}, \qquad v_{x_1} = u_{x_2}, \qquad w_{x_1} = u_{x_3}, \qquad v_{x_3} = w_{x_2}$$

est remplacé par les relations de compatibilité

$$(3)\qquad \begin{cases} 2\zeta\beta u_z = -2z\zeta v_z + iF\sin\theta = 2izw_z - \zeta^{-1}F\cos\theta \\ 2\bar{\zeta}\beta u_{\bar{z}} = -2\bar{z}\bar{\zeta}v_{\bar{z}} - iF\sin\theta = -2i\bar{z}w_{\bar{z}} - \bar{\zeta}^{-1}F\cos\theta \end{cases} \qquad (\zeta = \sqrt{1 - z^2}).$$

3. On considère l'obstacle défini par $x_3 = \pm\alpha[x_1 - |x_2|\operatorname{cotg}\gamma]$, $(|x_2| < x_1 \operatorname{tg}\gamma)$.

On note, d'une manière générale, $\mathcal{U}(z) = U + iU'$.

En première approximation, les équations (3) où $F = 0$ et les conditions aux limites sont satisfaites par

$$\beta u^{(1)} = 2\alpha\pi^{-1}U, \qquad v^{(1)} = 2\alpha\pi^{-1}V, \qquad w^{(1)} = 2\alpha\pi^{-1}W'$$

avec

$$\mathcal{U} = \frac{k}{2k'}\log\left|\frac{\zeta - k'}{\zeta + k'}\right|, \qquad \mathcal{V} = \frac{1}{2k'}\log\left|\frac{k\zeta + zk'}{k\zeta - zk'}\right| + \frac{i\pi}{2k'}, \qquad \mathcal{W} = \frac{1}{2}\log\left|\frac{z - k}{z + k}\right|,$$
$$(k = \beta\operatorname{tg}\gamma,\ k' = \sqrt{1 - k^2}).$$

En seconde approximation $F \neq 0$. A partir de (3) on écrit trois équations de Poisson de la forme $u^{(2)}_{z\bar{z}} = \mathcal{A}(z, \bar{z})$, dont les solutions n'apparaissent pas naturellement. Toutefois, si l'on pose

$$\varphi^{(2)} = (\gamma + 1)M_0^4 2^{-4}\beta^{-3}[\varphi^* - (2\beta)^{-1}x_1(\beta u^{(1)})^2] + M_0^2 u^{(1)}\varphi^{(1)},$$

(2) est remplacé par

$$(2')\qquad L(\varphi^*) = (2\beta)^{-1}x_1 L[(\beta u^{(1)})^2].$$

([1]) *The Philosophical Magazine*, 40, n° 311, décembre 1949.

Les équations en u^*, v^*, w^*, prennent la forme $u^*_{z\bar{z}} = \sum \mathcal{B}_z(z)\mathcal{C}_{\bar{z}}(\bar{z})$ et admettent des solutions particulières évidentes.

On doit avoir, sur $(-k, +k)$,

$$w^* = -4\alpha^2\beta^4\pi^{-1}(\gamma+1)^{-1}M_0^{-4}\left[U + k^{-1}|V| - (k+|x|)^{-1}\sqrt{1-x^2}\right],$$

et, sur (Γ),

$$\beta u^* = -4\alpha^2 k^2\pi^{-2}x^4(k^2-x^2)^{-2}, \qquad v^* = -x^{-1}\beta u^*, \qquad w^* = -\sqrt{1-x^{-2}}\,\beta u^*.$$

Des considérations de parité, d'uniformité et de simplicité pour les données aux limites nous conduisent à satisfaire aux équations en u^*, v^*, w^* par

$$\pi^2\alpha^{-2}\beta\tilde{u} = -2U^2 + k^4k'^{-2}M^2 + k^2k'^{-2}N^2 - k^4Q'^2 - k^6P'^2 - 2k^2F,$$
$$\pi^2\alpha^{-2}\tilde{v} = 2k^4P'Q' - 4UV - 2k^2k'^{-2}NM + 2k^2H,$$
$$\pi^2\alpha^{-2}\tilde{w} = -4UW' + 2k^4MP' + 2k^2NQ' - 2k^2G';$$

où

$$\mathcal{P} = (k^2-z^2)^{-1}; \qquad \mathcal{M} = z\zeta\mathcal{P} - k^{-1}\mathcal{V}; \qquad \mathcal{N} = k^2\zeta\mathcal{P} + (2-k^2)k^{-1}\mathcal{U};$$
$$\mathcal{Q} = z\mathcal{P} + k^{-1}\mathcal{W}; \qquad \mathcal{H} = 2z^3\mathcal{P}^2; \qquad \mathcal{G} = \zeta\mathcal{H}; \qquad \mathcal{F} = z\mathcal{H}.$$

Ces solutions particulières répondent au système (3) ainsi qu'aux conditions aux limites pour $k < |x| < \infty$.

On est ramené à la détermination des fonctions harmoniques $\hat{u} = u^* - \tilde{u}$, $\hat{v} = v^* - \tilde{v}$, $\hat{w} = w^* - \tilde{w}$ satisfaisant à (3) où $F = 0$, et telles que $\hat{w}$ prenne des valeurs données sur $(-k, +k)$ et s'annule pour $|x| > k$. Ce problème de Dirichlet a été résolu explicitement.

4. Nous avons formé, pour les équations de Poisson, des solutions simples, compatibles et répondant aux données aux limites, mais ces solutions, singulières au voisinage de $z = \pm k$ ne satisfont pas au principe de « singularité minimum ».

Toutefois on peut enlever certaines des singularités sans changer les conditions aux limites, en retranchant les fonctions harmoniques convenables. C'est le cas des pôles (d'ordres 1 et 2 dans le cas présent). Il reste dans $u^{(2)}$ et $v^{(2)}$ des singularités en log et $(\log)^2$, inhérentes au problème. Il est clair que la solution ainsi trouvée est alors unique.

La connaissance de $u^{(2)}$ entraîne celle de $C_p^{(2)}$ que nous pouvons écrire sous la forme de $C_p^{(2)} = \alpha^2\pi^{-2}\left[F_1 + M_0^2\beta^{-2}F_2 + (\gamma+1)M_0^4\beta^{-4}F_3\right]$, les F_i ne dépendant que de x et k. Ces fonctions F_i ont été tabulées et nous avons pu, en particularisant α et M_0, nous placer dans les quelques cas envisagés par Moore et Tan (2). Nos résultats n'ont pas corroboré les leurs.

Le procédé employé ici se généralise au cas de la plaque et même de l'aile épaisse avec incidence ; ainsi, d'ailleurs, qu'aux obstacles relevant de la théorie des mouvements homogènes.

---

(2) *J.A.S.*, 17, n° 6, juin 1950.
(W. R. Sears), p. 484-487. *General Theory of High Speed Aerodynamics*, VI.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur une théorie unitaire à cinq dimensions* II. *Hamiltonien. Relations de commutation.* Note (*) de Mme **Cécile Morette-DeWitt** et M. **Bryce S. DeWitt**, présentée par M. Louis de Broglie.

Dans la Note précédente (1) nous avons donné le tenseur métrique fondamental G_{AB} et le lagrangien $\mathcal{L}_D^1$ d'une théorie à cinq dimensions en vue d'étudier le spectre de masses auquel conduit cette théorie.

Nous procédons maintenant à la quantification de la théorie en donnant d'abord l'hamiltonien et les relations de commutation relatifs à la partie métrique de l'espace. Les résultats suivants sont tous exprimés à l'approximation linéaire.

Suivant la méthode développée par P. A. M. Dirac (2) et appliquée par F. A. E. Pirani et A. Schild (3) au problème de la quantification du champ de gravitation, on obtient à partir de $\mathcal{L}_D^{(1)}$ l'hamiltonien H_D :

$$H_D \equiv \int (\mathcal{H} - 2c\Phi_A[BB, A])\, dx_1\, dx_2\, dx_3\, dx_5 \qquad \text{(équation forte)}, \tag{1}$$

où

$$\mathcal{H} = c^2\lambda\beta\left(\Pi_{AB}\Pi_{AB} - \frac{1}{N-2}\Pi_{AA}\Pi_{BB}\right) - 2c\,\Pi_{AB}\nabla_{BC}G_{AC} + \frac{1}{\lambda\beta}G_{ABCDEFGH}\nabla_{CD}G_{AB}\nabla_{GH}G_{EF},$$

N est le nombre de dimensions de l'espace, ici $N = 5$:

$$\Pi_{AB} = \frac{1}{c\lambda\beta} n_C \frac{\partial\mathcal{L}_D}{\partial G_{AB,C}}, \qquad \nabla_{AB} = n_B\nabla_A - n_A\nabla_B,$$

où n_A est un vecteur unité du genre temps et ∇_B est la dérivée, par rapport à x_B, tangentielle à la surface perpendiculaire à n_A.

$$(2)\quad \begin{cases} G_{ABCDEFGH} = \frac{1}{16}(\delta_{AB}\delta_{EF} - 2\,\delta_{AE}\delta_{BF})\,\delta_{DH}\delta_{CG} - \left(\frac{1}{2}\delta_{AD}\delta_{BH}\delta_{EC}\delta_{FG} + \frac{1}{2}\delta_{EB}\delta_{FD}\delta_{AH}\delta_{CG}\right), \\ \Phi_A = n_B\Pi_{AB} - \frac{1}{2}n_C\nabla_{BA}G_{BC} - \frac{1}{4}n_C\nabla_{CA}G_{EB} = 0 \qquad \text{(équation } \Phi \text{ de première classe)}, \end{cases}$$

$[BB, A] = G_{AB,A} - 1/2\, G_{BB,A}$ peut, sans contradiction, être égalé à zéro, conduisant ainsi à une condition supplémentaire.

(*) Séance du 27 juin 1955.

(1) *Comptes rendus*, **240**, 1955, p. 167.

(2) *Canad. J. Math.*, **2**, 1950, p. 129.

(3) *Phys. Rev.*, **79**, 1950, p. 986.

En termes de variables $g_{\alpha\beta}$, A_α et φ, l'hamiltonien s'écrit

$$(1') \qquad \begin{aligned} H_D = \int & dx_1\, dx_2\, dx_3\, dx_5 \\ \times \Big\{ & c^2\lambda\beta(\Pi_{\alpha\beta}\Pi_{\alpha\beta} - \Pi^2_{\alpha\alpha}) - 2c\Pi_{\alpha\beta}\nabla_{\beta\gamma}G_{\alpha\gamma} \\ & + \frac{1}{\lambda\beta}G_{\alpha\beta\gamma\delta\varepsilon\iota\lambda\varkappa}\nabla_{\gamma\delta}G_{\alpha\beta}\nabla_{\lambda\varkappa}G_{\varepsilon\iota} - 2c\Phi_\beta[\alpha\alpha, \beta] \\ & + \frac{1}{2}c^2\lambda\beta\Pi^2_\alpha + c\Pi_\alpha\nabla_{\gamma\alpha}A_\gamma + \frac{1}{4\lambda\beta}n_\gamma n_\delta(\nabla_{\alpha\beta}A_\gamma + \nabla_{\beta\gamma}A_\alpha + \nabla_{\gamma\alpha}A_\beta) \\ \times & (\nabla_{\alpha\beta}A_\delta + \nabla_{\beta\delta}A_\alpha + \nabla_{\delta\alpha}A_\beta) - c\Phi A_{\alpha,\alpha} \\ & + \frac{1}{\lambda\beta}\Big(-\frac{3}{8}g_{\alpha\alpha,5}g_{\beta\beta,5} + \frac{1}{4}g_{\alpha\beta,5}g_{\alpha\beta,5} + \frac{1}{2}n_\beta n_\gamma g_{\alpha\beta,5}g_{\alpha\gamma,5} \\ & \qquad - \frac{1}{2}n_\gamma n_\varepsilon g_{\alpha\alpha,5}g_{\gamma\varepsilon,5} + \frac{1}{2}n_\gamma n_\beta A_{\gamma,5}A_{\beta,5}\Big) \\ & + c\Big(-\Pi_{\alpha\alpha}n_\gamma A_{\gamma,5} - n_\gamma\Pi_\alpha g_{\alpha\gamma,5} + \frac{1}{2}n_\alpha\Pi_\alpha g_{\gamma\gamma,5}\Big) \\ & + \frac{1}{\lambda\beta}\Big(-\nabla_\gamma A_\alpha g_{\alpha\gamma,5} + n_\delta\nabla_{\gamma\alpha}A_\alpha g_{\gamma\delta,5} + \frac{1}{2}A_{\alpha,5}\nabla_\alpha g_{\gamma\gamma}\Big) \\ & + \frac{1}{6}c^2\lambda\beta\Pi^2 + \frac{3}{2}\frac{1}{\lambda\beta}(\nabla_\gamma\varphi\nabla_\gamma\varphi - 2\varphi^2{}_{,5}) - c\Pi n_\gamma A_{\gamma,5} \\ & \qquad + \frac{3}{\lambda\beta}\Big(-A_{\gamma,5}\Delta_\gamma\varphi + \frac{1}{2}\varphi_{,5}g_{\gamma\gamma,5}\Big)\Big\}, \end{aligned}$$

Φ_β et Φ sont, respectivement, les équations Φ du champ de gravitation et du champ électromagnétique. $\Pi_{\alpha\beta}$, Π_α et Π sont, respectivement, les variables conjuguées de $g_{\alpha\beta}$, A_α et φ.

Le lagrangien correspondant à $\mathcal{H}$ est

$$(3) \qquad \mathcal{L} = -\frac{1}{4}G_{AB,C}G_{AB,C} + \frac{1}{2}G_{AB,C}G_{AC,B} + \frac{1}{8}G_{AA,B}G_{CC,B} - \frac{1}{2}G_{AB,A}G_{CB,C}.$$

C'est de ce lagrangien que l'on déduit les équations du mouvement

$$(4) \qquad G_{AB,CC} = 0,$$

et les relations de commutations suivantes :

$$(5) \qquad [G_{AB}(x), G_{CD}(x')] = ihc\lambda\beta\Big(\delta_{AC}\delta_{BD} + \delta_{AD}\delta_{BC} - \frac{2}{N-2}\delta_{AB}\delta_{CD}\Big)\Delta(x-x').$$

Soit en termes des $g_{\alpha\beta}$, A_α et φ

$$(5') \qquad \begin{cases} [\varphi(x), \quad \varphi(x')] = \frac{1}{3}ihc\lambda\beta\,\Delta(x-x'), \\ [A_\alpha(x), \ A_\beta(x')] = ihc\lambda\beta\,\delta_{\alpha\beta}\,\Delta(x-x'), \\ [g_{\alpha\beta}(x), g_{\gamma\delta}(x')] = ihc\lambda\beta(\delta_{\alpha\gamma}\delta_{\beta\delta} + \delta_{\alpha\delta}\delta_{\beta\gamma} - \delta_{\alpha\beta}\delta_{\gamma\delta})\,\Delta(x-x'). \end{cases}$$

Tous les autres commutateurs, et en particulier $[g_{\alpha\beta}(x), \varphi(x')]$ sont nuls. La fonction $\Delta(x)$ satisfait les propriétés suivantes :

$$(6) \qquad \Delta(x) = \frac{1}{\lambda}\sum_{n=-\infty}^{+\infty} e^{\frac{2\pi i n x_5}{\lambda}}\Delta_n(\underline{x}),$$

où $\Delta_n(\underline{x})$ est la fonction Δ de l'espace à quatre dimensions correspondant à la masse $|n|h/\lambda c$. Le spectre de masse formé par les différentes valeurs de $|n|h/\lambda c$ n'est évidemment pas le spectre de masse « observé » car il est considérablement modifié par les interactions propres non linéaires et par les interactions avec le champ spinoriel.

Les composantes de Fourier $\overset{n}{\varphi}(\underline{x})$, $\overset{n}{A}_\alpha(\underline{x})$ et $g_{\alpha\beta}(\underline{x})$ des développements en série tels que

$$(7) \qquad \varphi(x) = \sum_{n=-\infty}^{+\infty} \overset{n}{\varphi}(x)\, e^{\frac{2\pi i n x_5}{\lambda}}, \qquad \text{avec} \quad \overset{-n}{\varphi} = \overset{n}{\varphi}{}^*$$

satisfont les relations de commutations suivantes :

$$(5'') \qquad \begin{cases} \left[\overset{n}{\varphi}(\underline{x}), \quad \overset{m}{\varphi}{}^*(\underline{x}')\right] = \frac{1}{3}\, i h c\, \beta \partial_{mn}(\underline{x} - \underline{x}'), \\ \left[\overset{n}{A}_\mu(\underline{x}), \ \overset{m}{A}{}^*_\nu(\underline{x}')\right] = i h c\, \beta \partial_{\mu\nu} \partial_{mn} \Delta(\underline{x} - \underline{x}'); \\ \left[\overset{n}{g}_{\alpha\beta}(\underline{x}), \overset{m}{g}{}^*_{\gamma\delta}(\underline{x}')\right] = i h c\, \beta (\partial_{\alpha\gamma}\partial_{\beta\delta} + \partial_{\alpha\delta}\partial_{\beta\gamma} - \partial_{\alpha\beta}\partial_{\gamma\delta})\, \partial_{mn} \Delta(\underline{x} - \underline{x}'). \end{cases}$$

Tous les autres commutateurs sont nuls.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur la méthode de Tamm-Dancoff.* Note (*) de M. **Edmond Arnous**, présentée par M. Louis de Broglie.

On montre qu'en théorie des champs quantifiés, le potentiel V vérifie l'équation

$$V = H^- \frac{1}{-H_0 - (V - v)} H^+.$$

Cette équation permet l'utilisation de potentiels d'essai.

Nous avons montré récemment [1] que les expressions donnant les états stationnaires et la matrice de diffusion dans la méthode de Tamm-Dancoff [2] généralisée par M. Lévy [3] peuvent être mises sous des formes compactes qui permettent l'utilisation de potentiels d'essai. On a ainsi l'espoir d'obtenir des approximations valables dans l'hypothèse du couplage fort. Nous allons étudier ici l'équation fondamentale qui donne le potentiel.

Désignons par H_0 l'hamiltonien non perturbé, par H l'hamiltonien d'interaction et par H^+ et H^- les parties de H qui contiennent les opérateurs de création et d'annihilation. Soient Ψ_λ et E_λ les fonctions d'ondes et les énergies

(*) Séance du 11 juillet 1955.

(1) E. Arnous, *Proc. Roy. Irish Acad.*, 57, 1955, p. 31-36.

(2) I. Tamm, *J. Phys. U. S. S. R.*, 9, 1946, p. 449; S. Dancoff, *Phys. Rev.*, 78, 1950, p. 382.

(3) M. Lévy, *Phys. Rev.*, 88, 1952, p. 725; Klein, *Phys. Rev.*, 94, 1954, p. 195.

des états stationnaires définis par l'équation de Schrödinger

$$(1)\qquad (E_\lambda - H_0 - H^+ - H^-)\Psi_\lambda = 0.$$

L'idée essentielle de la méthode de Tamm-Dancoff est de décomposer Ψ_λ en fonctions d'ondes orthogonales $\Phi_\lambda^{(i)}$ correspondant aux différents nombres possibles de particules $i = 0, 1, 2, \ldots$.

$$(2)\qquad \Psi_\lambda = \sum_{i=0}^{\infty} \Phi_\lambda^{(i)}.$$

Si l'on porte (2) dans (1), on obtient une suite d'équations intégrales reliant $\Phi_\lambda^{(i)}$ à $\Phi_\lambda^{(i\pm1)}$

$$(3)\qquad \begin{cases} (E - H_0)\,\Phi_\lambda^{(0)} = H^-\Phi_\lambda^{(1)}, \\ (E - H_0)\Phi_\lambda^{(i)} = H^-\Phi_\lambda^{(i+1)} + H^+\Phi_\lambda^{(i-1)}. \end{cases}$$

La solution de (3) est donnée par la formule de récurrence

$$(4)\qquad \Phi_\lambda^{(i+1)} = \frac{1}{E_\lambda - H_0 - V(E_\lambda)} H^+\Phi_\lambda^{(i)},$$

où V et $\Phi_\lambda^{(0)}$ vérifient

$$(5)\qquad (E_\lambda - H_0 - V(E_\lambda))\,\Phi_\lambda^{(0)} = 0,$$

$$(6)\qquad V(E_\lambda) = H^- \frac{1}{E_\lambda - H_0 - V(E_\lambda)} H^+.$$

Ψ_λ est alors donné par

$$(7)\qquad \Psi_\lambda = \frac{1}{1 - \dfrac{1}{E_\lambda - H_0 - V(E_\lambda)} H^+} \Phi_\lambda^{(0)}.$$

Pour préciser les idées, plaçons-nous dans le cas d'un système de nucléons interagissant par l'intermédiaire d'un champ mésique, et remplaçons les nucléons par des « sources » (approximation statique). On a alors

$$\Phi_\lambda^{(0)} = \|\Phi_\lambda^{(0)}\| . |0\rangle,$$

où $|0\rangle$ est le vide mésique normé et $\|\Phi_\lambda^{(0)}\|$ la norme de $\Phi_\lambda^{(0)}$. (5) montre que

$$(8)\qquad E_\lambda = \langle V(E_\lambda)\rangle_0,$$

où

$$\rho = \langle V(E_\lambda)\rangle_0$$

est la valeur moyenne de V pour le vide $|0\rangle$. Portons (8) dans (6). Nous trouvons la relation fondamentale

$$(9)\qquad V = H^- \frac{1}{-H_0 - (V - \rho)} H^+,$$

où V *maintenant ne dépend plus de* E_λ.

S'il est permis de développer selon la constante de couplage, (9) se décompose en

$$(10)\quad \begin{cases} V_2 = H^{-}\dfrac{1}{-H_0}H^{+}, \\ V_4 = H^{-}\dfrac{1}{H_0}(V_2-\rho_2)\dfrac{1}{H_0}H^{+}, \\ V_6 = H^{-}\dfrac{1}{H_0}(V_4-\rho_4)\dfrac{1}{H_0}H^{+} - H^{-}\dfrac{1}{H_0}(V_2-\rho_2)\dfrac{1}{H_0}(V_2-\rho_2)\dfrac{1}{H_0}H^{+} \end{cases}$$

et l'on peut calculer V_2, ρ_2, V_4, ρ_4, ...

Pour le couplage scalaire par mésons scalaires par exemple, ρ_2 est le potentiel de Yukawa. On voit alors, en se plaçant dans l'espace des impulsions et en désignant par $u(k)$ la fonction source et par $R_1, R_2, \ldots, R_n$ les positions moyennes des nucléons, que

$$\left(\frac{1}{-H_0}H^{+}\right)^n |0> = \frac{(-1)^n}{\sqrt{n!}}\,\frac{e^{-iK_1R_1}\ldots e^{-iK_nR_n}}{(\omega_1\ldots\omega_n)^{\frac{3}{2}}}\,u(K_1)\ldots u(K_n).$$

Puis on vérifie que

$$(V_2-\rho_2)\left(\frac{1}{-H_0}H^{+}\right)^n |0> = 0$$

et les propriétés du couplage scalaire s'en déduisent :

$$\rho_4 = \rho_6 = \ldots = 0,$$

$$\Psi_\lambda = \frac{1}{1+\dfrac{1}{H_0}H^{-}}|0>.$$

Si, au contraire, il n'est pas permis de développer selon la constante de couplage, on peut remplacer dans (9) $V-\rho$ par un potentiel d'essai. Sa valeur moyenne pour le vide mésique doit être nulle (partie à une particule). Sa dépendance par rapport au spin ou au spin isotopique n'entraîne aucune difficulté.

ÉLECTRICITÉ. — *Le problème des sondes froides. Flux d'ions captés par un cylindre conducteur indéfini placé dans un champ électrique ionisé unipolaire.* Note (*) de MM. **Robert Cochet** et **Jean Dupuy**, transmise par M. Eugène Darmois.

L'étude du flux d'ions captés par un cylindre conducteur indéfini en fonction du potentiel auquel il est maintenu permet dans certains cas de déterminer le potentiel et la charge d'espace en chaque point d'un champ électrique ionisé unipolaire et plan. En outre, cette étude met en évidence [comme dans le cas d'une sphère (1)] l'existence d'une charge limite pour le cylindre isolé.

(*) Séance du 11 juillet 1955.

(1) M. Pauthenier et Mme Moreau-Hanot, *J. Phys. Rad.*, 3, 1932, p. 590-613.

Désignons par Q la charge par unité de longueur du cylindre conducteur indéfini de rayon a, d'axe Oz, maintenu au potentiel V et placé dans le champ ionisé E dit *plan*, c'est-à-dire dont les équipotentielles sont parallèles à Oz; le champ E est supposé préalablement constant et uniforme au voisinage du cylindre. En un point M(r, θ), sans tenir compte du potentiel dû à la force image, le champ E(r, θ) dérive de la fonction potentielle (²),

$$V(r,\theta) = -Er\cos\theta + \frac{Ea^2}{r}\cos\theta - 2Q\,\mathrm{Log}_e r. \tag{1}$$

Les ions de mobilité k sont animés d'une vitesse $\vec{v} = k\vec{E}(r,\theta)$. En éliminant le temps et en intégrant, l'équation des trajectoires des ions est de la forme

$$2Q\theta - Er\sin\theta\left(1 + \frac{a^2}{r^2}\right) = A. \tag{2}$$

La discussion permet, en fonction de la charge Q du cylindre de déterminer le flux d'ions I qui arrive sur le cylindre par unité de longueur et par seconde.

Posons $Q_0 = -aE$, Q_0 représente la charge limite que prendrait par unité de longueur un cylindre (a) isolé, placé dans le champ E.

1° Si $|Q| < |Q_0|$ les trajectoires sont tangentes au cylindre (*fig.* 1). En désignant par ρ la charge d'espace

$$I = 4k\rho\left[Q\arccos\frac{Q}{Q_0} + (Q_0^2 - Q^2)^{\frac{1}{2}}\right]. \tag{3}$$

2° Si $Q > -Q_0$ les trajectoires aboutissant au cylindre sont séparées des trajectoires n'y aboutissant pas par une courbe particulière (*fig.* 2) :

$$I = 4k\rho\pi Q. \tag{4}$$

3° Si $Q < Q_0$ les ions (*fig.* 3) sont tous repoussés.

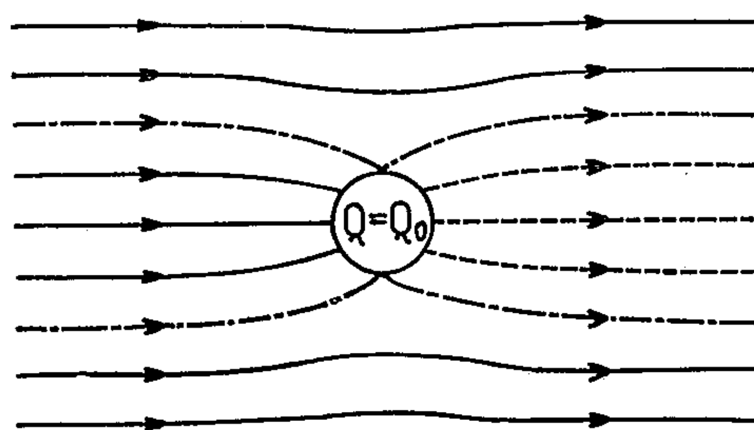


Fig. 1.

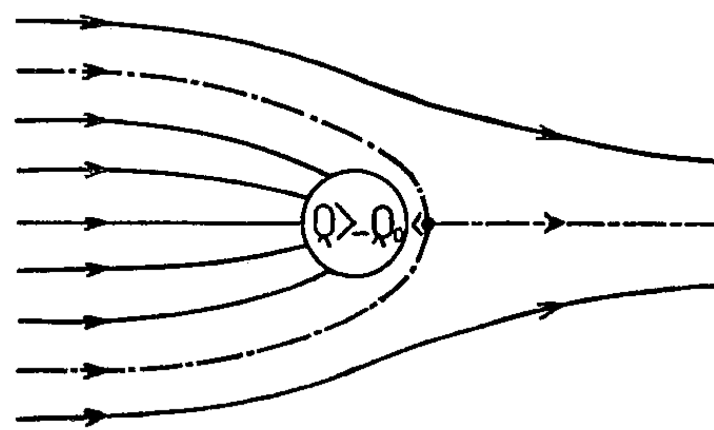


Fig. 2.

L'agitation thermique est négligeable pour des valeurs de a supérieures au libre parcours moyen des ions gazeux.

(²) *Cf.* par exemple E. DURAND, *Électrostatique et Magnétostatique*, 1953.

D'autre part, $Q = -C(V - V_0)$, expression dans laquelle C est la capacité de l'unité de longueur du cylindre (*a*) par rapport aux électrodes limitant le champ ionisé et V_0 le potentiel d'espace sur Oz en l'absence du cylindre. En un point du champ E, il est maintenant possible d'analyser la caractéristique

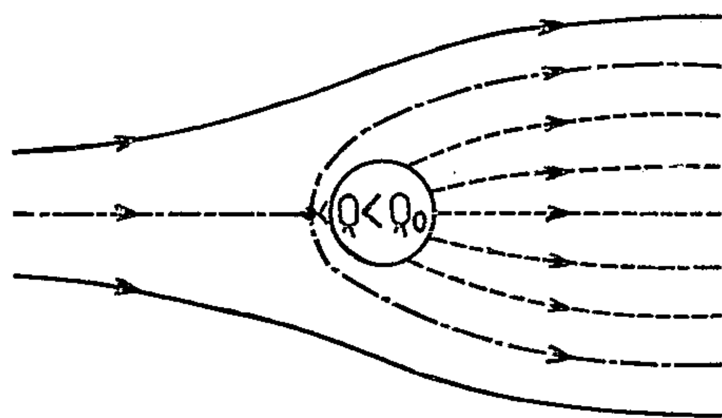


Fig. 3.

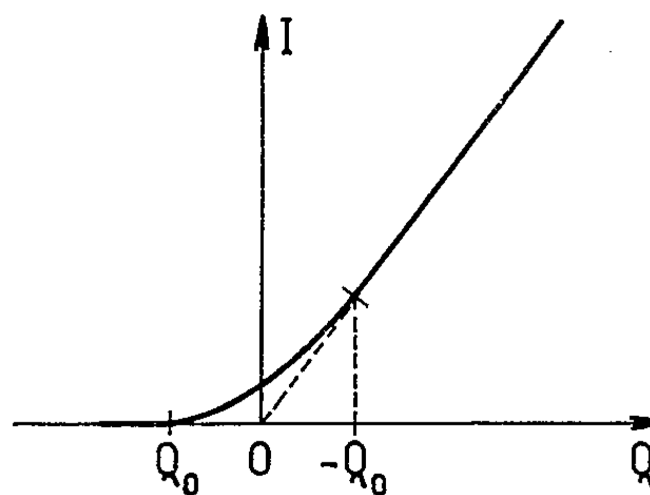


Fig. 4.

expérimentale $I = f(V)$ d'allure analogue à la fonction $I = f(Q)$ (*fig.* 4). Le potentiel d'espace est donné indépendamment de C par l'intersection de la partie rectiligne de la caractéristique avec l'axe des abscisses. Le produit $k\rho$ est défini par la pente de cette partie rectiligne.

Les résultats obtenus avec cette sonde cylindrique froide expérimentée dans un champ ionisé cylindrique sont en accord avec les mesures faites à la sonde incandescente ([3]). Les mobilités des ions dans l'air à la pression atmosphérique qui conviennent sont du même ordre de grandeur que celles déterminées récemment ([4]).

Le calcul et l'expérience montrent que la diffusion est négligeable, c'est la captation par flux d'ions qui explique entièrement la caractéristique $I = f(V)$.

Nous avons traité une étude semblable dans le cas d'une sonde sphérique, mais l'expérimentation avec une telle sonde n'est guère réalisable à cause des supports de sonde qui sont susceptibles de perturber soit le champ électrique ([3]), soit la captation des ions. Pour ces mêmes raisons, la sonde constituée par un petit plan n'est pas utilisable. La sonde cylindrique froide de l'ordre de 1/10e de millimètre de rayon et utilisée dans l'étude des champs ionisés plans ne crée pratiquement pas de perturbation que nous ne puissions déterminer.

([3]) R. COCHET et R. REFFAY, *Comptes rendus*, **240**, 1955, p. 1516.
([4]) R. COCHET, *Comptes rendus*, **240**, 1955, p. 2387.

MAGNÉTISME. — *Transformation magnétique du cérium à haute température. Rôle de l'impureté magnésium.* Note (*) de Mme **Françoise Gaume-Mahn**, présentée par M. Gaston Dupouy.

Une modification allotropique du cérium donnant lieu à une variation notable du coefficient d'aimantation (8 %) a été observée aux environs de 960° K (687°C). Cette température de transformation s'abaisse notablement par addition de magnésium au cérium. Il est possible que d'autres impuretés jouent un rôle analogue, ce qui pourrait expliquer les résultats si différents obtenus par les auteurs suivant la pureté du cérium utilisé.

Plusieurs états allotropiques du cérium ont été mis en évidence : α stable à basse température (en dessous de — 195°C), γ obtenu par trempe du métal pur et β qui prend naissance par refroidissement très lent du cérium γ entre + 200 et — 100°C. Les formes α, β et γ ont été étudiées magnétiquement par F. Trombe ([1]), ([2]) puis par Ch. Henry la Blanchetais ([3]). Jaeger, Bottema et Rosenbohm ([4]) ont signalé une autre variété, δ, qui est stable à haute température. D'autres auteurs ont également constaté, au cours du chauffage d'un échantillon de cérium γ jusqu'à son point de fusion, une transformation en phase solide, mais la température de cette anomalie varie beaucoup avec la pureté du métal utilisé. J. Loriers ([5]) a montré l'influence du fer sur l'abaissement du point de transformation. Vogel et Heumann ([6]), en faisant l'analyse thermique des alliages cérium-magnésium (cérium contenant 0,14 % Mg, 0,14 % Fe et 0,02 % Si) trouvent une modification allotropique du cérium vers 620°C; cette température s'abaisse rapidement par addition de magnésium au cérium. Ahmann ([7]) note une anomalie en phase solide à 703 ± 10°C (cérium contenant 0,1 % Ca et 0,05 % Mg). Enfin Spedding et Daane ([8]) ont observé, sur les courbes de refroidissement de plusieurs métaux des terres rares, en dessous du point de fusion, un palier isotherme qu'ils attribuent à des transformations en phase solide.

Nous nous sommes proposé, dans ce travail, de voir si la méthode thermomagnétique permettrait de mettre en évidence une modification allotropique du cérium à haute température et d'étudier éventuellement le rôle de l'impureté magnésium.

(*) Séance du 11 juillet 1955.

(1) *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 1591.

(2) *Comptes rendus*, 219, 1944, p. 90.

(3) *Comptes rendus*, 220, 1945, p. 392.

(4) *Rec. trav. Chim. Pays-Bas*, 57, 1938, p. 1137.

(5) *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 1018.

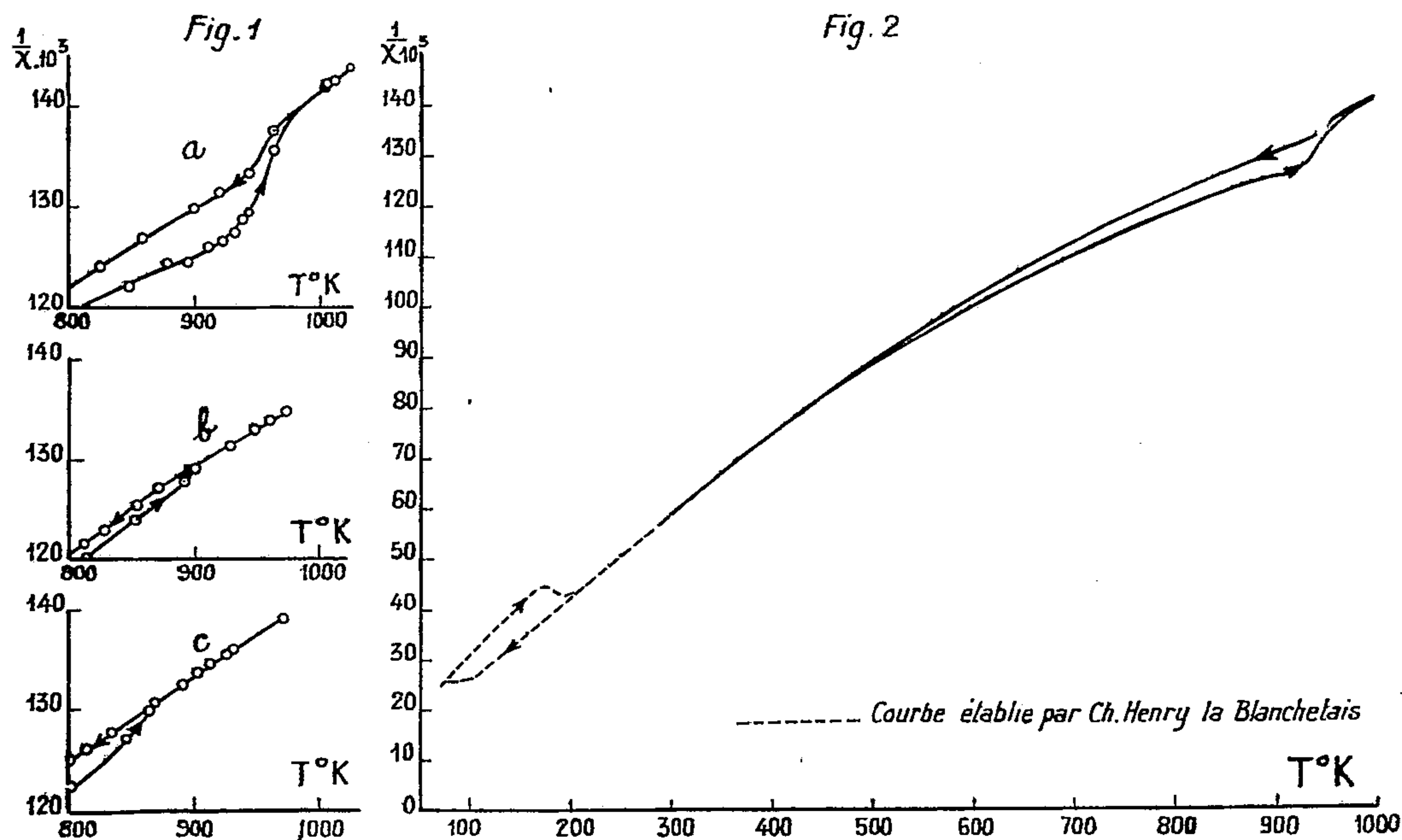
(6) *Metallforschung*, B II, 1947, p. 1.

(7) *Iowa State College, J. Sc.*, 27, 1953, p. 120.

(8) *J. Metals*, mai 1954, p. 504.

Le cérium utilisé, préparé par double électrolyse selon la méthode indiquée par Ch. Henry la Blanchetais ([9]) titre 0,0005 % de fer et 0,4 % de silicium.

Le coefficient d'aimantation de l'échantillon métallique placé dans une petite ampoule de silice scellée sous vide a été déterminé, dans un champ de 6350 Oe, en fonction de la température de 290 à 1033°K (760°C) à températures ascendantes et descendantes.



La figure 1 représente la variation de $1/\chi$ en fonction de T. Elle montre la présence d'un cycle et d'une transformation vers 960°K.

1° Au cours du chauffage d'un échantillon trempé, on voit que le cérium ne suit plus la loi de Curie-Weiss à partir de 300°K. La courbe, qui se raccorde très bien à celle établie aux basses températures ([2]) (*fig.* 2) s'incurve vers l'axe des températures. Un phénomène analogue a été observé avec le praséodyme ([10]).

Une nette augmentation de χ (8 %) se produit aux environs de 960°K (entre 940 et 980°K) confirmant la présence d'une transformation en phase solide.

2° Au cours du refroidissement, on observe la réversibilité de la courbe entre 1 033 et 1 000°K, puis, entre 1 000 et 500°K environ, apparaît un cycle dont la forme semble indiquer, à 960°K, une transformation inverse de la précédente, mais partielle.

3° Quand le cérium a subi un ou plusieurs recuits, la variation de χ vers

([9]) *Comptes rendus*, 220, 1945, p. 313.

([10]) *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 1353.

960° K est plus faible et s'étale dans un intervalle de température beaucoup plus large.

Si l'on ajoute 1 puis 2 % de magnésium au cérium, la température de transformation s'abaisse notablement et la variation de χ observée est beaucoup plus faible (*fig.* 1 *b* et 1 *c*).

MAGNÉTISME. — *Essai d'interprétation des propriétés magnétiques aux températures élevées des sesquioxydes rhomboédriques de titane, vanadium, chrome et fer* (Ti_2O_3, V_2O_3, Cr_2O_3 *et* Fe_2O_3). Note (*) de M. **Jules Wucher**, transmise par M. Gabriel Foëx.

Les sesquioxydes antiferromagnétiques Ti_2O_3, V_2O_3, Cr_2O_3 et $Fe_2O_3\alpha$ ont fait l'objet de nombreuses études tant expérimentales que théoriques. Ils possèdent tous le réseau cristallin de $Al_2O_3\alpha$ (corindon); chaque ion métallique a un proche voisin à une distance d'environ 2,9 Å, et trois autres voisins à une distance légèrement supérieure. Ces oxydes subissent une transformation du second ordre qui s'accompagne d'anomalies de dilatation, de résistance électrique et de chaleur spécifique, aux environs des températures T_λ suivantes :

Sesquioxyde................	Ti_2O_3.	V_2O_3.	Cr_2O_3.	$Fe_2O_3\alpha$.
T_λ (°K)..................	470	530	320	950

Dans cette Note nous nous bornerons à l'étude des propriétés magnétiques au-dessus de la transformation λ, que nous considérons comme le passage de l'*antiferromagnétisme de réseau* à un *antiferromagnétisme moléculaire*, c'est-à-dire à un couplage de spins entre deux ions magnétiques voisins.

Soit

$$H = I s_1 s_2, \tag{1}$$

l'interaction entre les spins des ions d'une même paire, I étant la différence d'énergie entre les positions parallèle et antiparallèle de deux spins. Les niveaux d'énergie se calculent à partir de la relation

$$H = \frac{I}{2} S(S+1) + \text{const.} \tag{2}$$

dans laquelle S est le spin total de la molécule.

Ti_2O_3. — Des mesures ([1]) effectuées sur un produit pur préparé au four solaire couvrent l'intervalle de 300 à 1 700° K. La susceptibilité χ_M (corrigée du diamagnétisme du reste de la molécule) augmente notablement à températures croissantes.

(*) Séance du 11 juillet 1955.

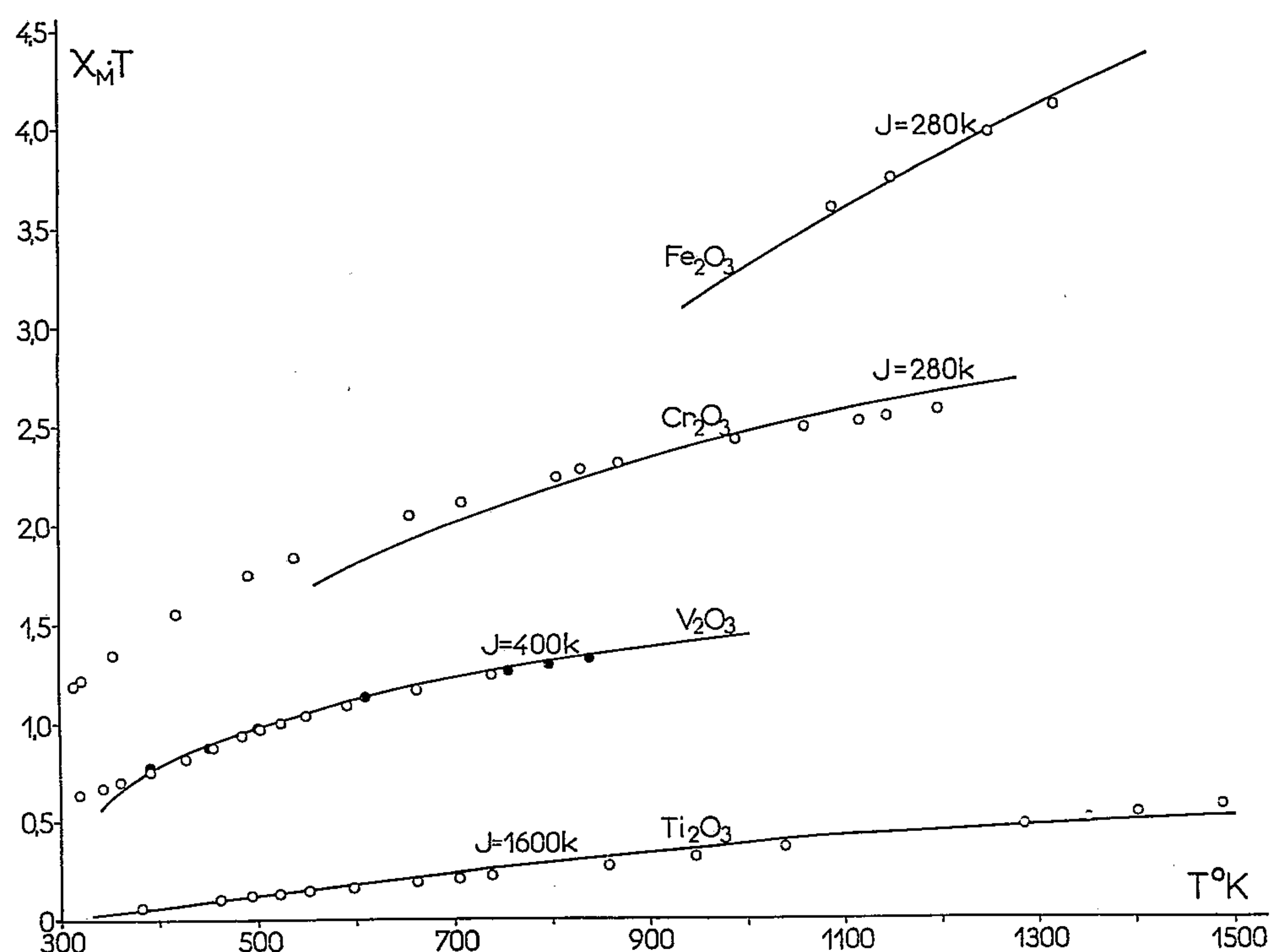
([1]) M. Foëx et J. Wucher, *Comptes rendus*, 241, 1955, p. 184.

Le découplage d'une paire de spins 1/2 (ion Ti^{+++}) est représenté par l'expression

$$(3)\qquad \chi_M T = N\,\frac{\mu_B^2}{k}\,\frac{8e^{-\tau}}{3e^{-\tau}+1}$$

déduite de la relation (2) pour $S=1$ et dans laquelle μ_B est le magnéton de Bohr, k la constante de Boltzmann, N le nombre d'Avogadro et $\tau = I/kT$.

Dans la figure nous avons porté les produits $\chi_M T$ en fonction de T. Une courbe théorique déduite de l'expression (3) avec $I = 1600\,k$ est assez bien encadrée par les points expérimentaux.



V_2O_3. — La courbe théorique calculée pour deux spins 1 (ion V^{+++}) suivant l'expression

$$\chi_M T = \frac{N\mu_B^2}{k}\,\frac{40\,e^{-3\tau}+8\,e^{-\tau}}{5\,e^{-3\tau}+3\,e^{-\tau}+1},$$

avec $I = 400\,k$ représente bien les mesures [2], [3] entre 380 et 840° K (*fig.* 1).

Cr_2O_3. — La température T_λ de l'oxyde Cr_2O_3 est voisine de 323° K [4]. Dans la figure 1 nous avons porté des mesures effectuées entre 300 et 1200° K

[2] G. Foëx et J. Wucher, *Comptes rendus*, **229**, 1949, p. 882.

[3] J. Wucher, *J. de Recherches du C. N. R. S.*, n° **21**, 1952.

[4] G. Foëx et Mlle Graff, *Comptes rendus*, **209**, 1939, p. 106.

sur deux échantillons de Cr_2O_3 préparés par Marc Foëx. Les deux ions de spin 3/2 (ion Cr^{+++}) d'une même paire se découplent suivant l'expression

$$\chi_M T = N \frac{\mu_B^2}{k} \frac{112\, e^{-6\tau} + 40\, e^{-3\tau} + 8\, e^{-\tau}}{7\, e^{-6\tau} + 5\, e^{-3\tau} + 3\, e^{-\tau} + 1}.$$

L'accord entre l'expérience et la théorie (courbe théorique avec $I = 280\, k$) est moins bon que dans le cas de V_2O_3, mais permet l'interprétation à 5 % près des mesures entre 700° et 1200° K.

Fe_2O_3. Néel [5] a montré que les propriétés magnétiques essentielles du sesquioxyde de fer rhomboédrique peuvent s'interpréter par la superposition d'un antiferromagnétisme et d'un faible ferromagnétisme (point de Curie ferromagnétique 948° K). Des mesures de Mlle Serres [6] effectuées sur deux échantillons très purs entre 1087 et 1315° K ont été portées sur la figure 1. Le découplage d'une paire de deux spins 5/2 (ion Fe^{+++}) est représenté par l'expression

$$\chi_M T = N \frac{\mu_B^2}{k} \frac{440\, e^{-15\tau} + 240\, e^{-10\tau} + 112\, e^{-6\tau} + 40\, e^{-3\tau} + 8\, e^{-\tau}}{11\, e^{-15\tau} + 9\, e^{-10\tau} + 7\, e^{-6\tau} + 5\, e^{-3\tau} + 3\, e^{-\tau} + 1}$$

Les points expérimentaux se placent bien sur une courbe théorique calculée avec $I = 280\, k$.

Les propriétés magnétiques aux températures élevées des sesquioxydes rhomboédriques Ti_2O_3, V_2O_3, Cr_2O_3 et Fe_2O_3 s'interprètent assez bien par l'hypothèse du couplage antiparallèle des ions trivalents d'une même paire. L'interaction élémentaire, déduite des courbes thermomagnétiques, est de l'ordre de 1600 et 400 k pour Ti_2O_3 et V_2O_3 respectivement et de l'ordre de 280 k pour Cr_2O_3 et $Fe_2O_3\,\alpha$.

ÉLECTROMAGNÉTISME. — *Réflexion d'une onde électromagnétique plane sur un gaz ionisé suivant une certaine loi.* Note de M. **Paul Poincelot**, présentée par M. Louis de Broglie.

J'ai l'intention de généraliser les résultats d'une Note antérieure [1], où je considère un milieu dont l'indice n varie en fonction de l'altitude x suivant la loi

$$(1) \qquad n = \sqrt{1 - \frac{\alpha x}{\omega^2}} \quad (x > 0), \qquad n = 1 \quad (x < 0).$$

Une onde électromagnétique plane, dont les champs $\vec{E}$ et $\vec{\mathcal{H}}$ sont normaux

---

([5]) L. Néel, *Ann. Phys.*, 4, 1949, p. 249.
([6]) C. Guillaud, *J. de Phys. Rad.*, 12, 1951, p. 341.

([1]) *Comptes rendus*, 241, 1955, p. 186.

à Ox, se propage conformément aux relations

$$(2)\quad E=\sqrt{\frac{\alpha x}{\omega^2}-1}\left\{A_1 H_{\frac{1}{3}}^{(1)}\left[e^{i\frac{\pi}{2}}\frac{2\omega^3}{3\alpha c}\left(\frac{\alpha x}{\omega^2}-1\right)^{\frac{3}{2}}\right]+A_2 H_{\frac{1}{3}}^{(2)}\left[e^{i\frac{\pi}{2}}\frac{2\omega^3}{3\alpha c}\left(\frac{\alpha x}{\omega^2}-1\right)^{\frac{3}{2}}\right]\right\},$$

$$(3)\quad \mathcal{H}=\frac{i}{\omega}\frac{dE}{dx}.$$

J'exprime le coefficient de réflexion à l'origine ρ en tenant compte de la continuité des champs et en remplaçant les fonctions de Hankel de (2) par leurs expressions asymptotiques, la quantité $(2\omega^3/3\alpha c)[(\alpha x/\omega^2)-1]^{3/2}$ étant grande par rapport à l'unité. Il vient

$$(4)\quad \rho\sim\frac{A_1 i\frac{\alpha c}{\omega^3}+A_2 e^{i\frac{5\pi}{6}}\left(2+i\frac{\alpha c}{\omega^3}\right)}{A_1\left(2-i\frac{\alpha c}{\omega^3}\right)-A_2 e^{i\frac{5\pi}{6}}i\frac{\alpha c}{\omega^3}}.$$

Je suppose maintenant qu'à la hauteur h, pour laquelle

$$(5)\quad \frac{\alpha h}{\omega^2}-1\geq 0,$$

le gaz ionisé fasse place au vide. En exprimant la continuité des champs à l'altitude h, je suis conduit à la relation

$$(6)\quad A_2\left\{\left[\frac{\alpha c}{\omega^3}+i\left(\frac{\alpha h}{\omega^2}-1\right)^{\frac{3}{2}}\right]H_{\frac{1}{3}}^{(2)}(z_1)-i\left(\frac{\alpha h}{\omega^2}-1\right)^{\frac{3}{2}}H_{\frac{4}{3}}^{(2)}(z_1)\right\}$$
$$=-A_1\left\{\left[\frac{\alpha c}{\omega^3}+i\left(\frac{\alpha h}{\omega^2}-1\right)^{\frac{3}{2}}\right]H_{\frac{1}{3}}^{(1)}(z_1)-i\left(\frac{\alpha h}{\omega^2}-1\right)^{\frac{3}{2}}H_{\frac{4}{3}}^{(1)}(z_1)\right\},$$

avec

$$(7)\quad z_1=i\frac{2\omega^3}{3\alpha c}\left(\frac{\alpha h}{\omega^2}-1\right)^{\frac{3}{2}}.$$

Si, tout d'abord, je fais

$$(8)\quad \frac{\alpha h}{\omega^2}-1=0,$$

je trouve la relation

$$(9)\quad A_2=A_1 e^{i\frac{\pi}{6}}$$

et, en la portant dans l'expression générale de ρ :

$$(10)\quad \rho\sim-1.$$

Il y a réflexion totale. Si, au contraire, la condition suivante est réalisée :

$$(11)\quad \frac{\alpha h}{\omega^2}-1>0$$

et si l'on a

$$(12)\quad \frac{2\omega^3}{3\alpha c}\left(\frac{\alpha h}{\omega^2}-1\right)^{\frac{3}{2}}\gg 1,$$

je trouve que A_2 est très petit par rapport à A_1 et que je peux écrire

$$(13) \qquad \rho \sim i \frac{\alpha c}{2\omega^3} = \frac{i}{4\pi} \frac{\lambda}{h_0},$$

h_0 étant la hauteur à laquelle l'indice s'annule, cette valeur étant la même que celle de ma dernière Note, dans laquelle je suppose que la loi (1) se poursuit jusqu'à l'infini. Pratiquement, le coefficient de réflexion devient faible par rapport à l'unité si h_0 est grand par rapport à λ. J'obtiens le même résultat en admettant qu'à partir de l'altitude h, l'indice devient constant et conserve la valeur qu'il atteint à cette hauteur.

Enfin, si je considère des valeurs h pour lesquelles :

$$(14) \qquad \frac{\alpha h}{\omega^2} - 1 < 0$$

et si je suppose qu'au-dessus de l'altitude h le gaz ionisé fasse place au vide, je trouve un coefficient de réflexion qui est en général de l'ordre de l'unité. En fait, dans les cas où la condition (11) est remplie, il n'y a pas de réfléxion totale à l'altitude $h = \omega^2/\alpha$.

PHYSIQUE MOLÉCULAIRE. — *Essai de classification, au moyen de leurs spectres d'absorption infrarouge, de l'émétique ordinaire et de divers complexes antimonio- ou bismuthotartriques.* Note de MM. **Maurice Girard** et **Jean Lecomte**, transmise par M. Eugène Darmois.

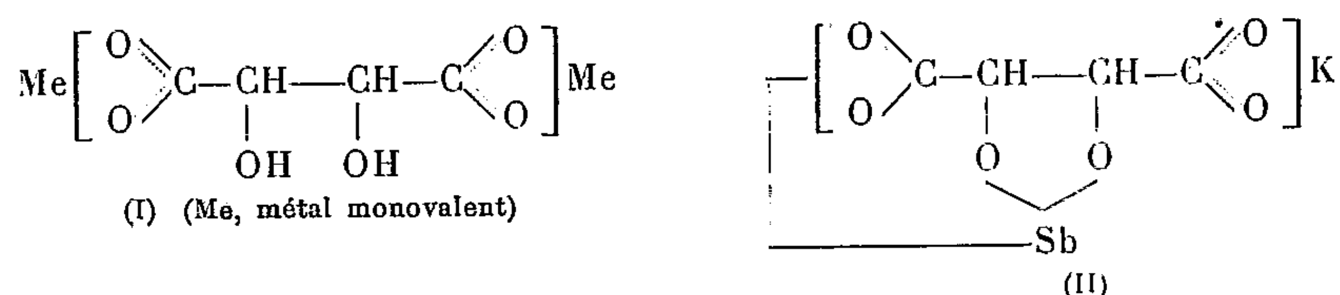
Nous avons signalé précédemment [1] que le spectre d'absorption infrarouge de l'émétique, sous ses divers degrés d'hydratation, ne présente pas de bande dans la région de 1700 cm^{-1} : ce composé ne possède donc ni groupement acide COOH, ni groupement carbonyle C = O. D'autre part, nous remarquons la présence de bandes qui caractérisent l'existence du groupement carboxyle ionisé.

On obtient d'utiles indications par la simple comparaison des spectres d'absorption de divers complexes antimonio- ou bismuthotartriques (de 650 *à* 1700 *cm*$^{-1}$ *environ) entre eux et aussi avec des sels métalliques (tartrate de* Na, Ca, Ba, *etc.) qui leur correspondent. Les déplacements des maxima d'absorption et la modification de leur nombre, principalement entre* 1200 *et* 1700 *cm*$^{-1}$ *(où se placent, entre autres, les deux vibrations de valence du groupement carboxyle ionisé), permettent, d'une manière aisée, de mettre en évidence l'existence d'un changement de structure, lorsque l'on relie à l'ion tartrique un atome d'antimoine ou de bismuth.* Nous avons essayé d'en tenir compte dans les représentations des

(1) *Comptes rendus*, **240**, 1955, p. 415; M. Girard, *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 962; **237**, 1953, p. 1702; *Bull. Soc. Chim.*, **141**, 1955, p. 571; *Thèse*, Paris, 1954.

structures moléculaires. Les spectres, sur les substances à l'état de poudre, ont été enregistrés au moyen de spectrographes Perkin-Elmer 12 C et 21, munis d'un prisme en chlorure de sodium ou en fluorure de lithium.

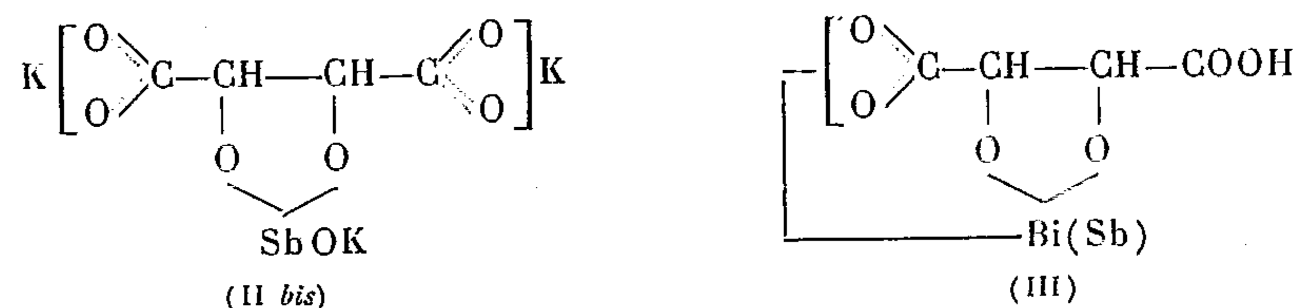
1. *Dérivés de l'acide tartrique droit.* — Les spectres des sels métalliques (I) se présentent comme assez voisins de ceux de l'émétique (II) ou de l'acide bismuthotartrique (III), sauf entre 1200 et 1700 cm^{-1}. En particulier, entre 1325 et 1385 cm^{-1}, il existe deux bandes fortes pour les premiers et une seule, pour les seconds, indiquant que l'un des groupements carboxyles ionisés de (I) se trouve ici profondément modifié : liaison particulière avec l'antimoine ou le bismuth, indiquée dans les formules (II) et (III).



(I) (Me, métal monovalent) (II)

A l'émétique ordinaire (TSbK), se rattachent des dérivés tribasiques de l'acide antimoniotartrique : $TSbK_3$ et $TSbK_2Ba_{1/2}$. Leurs spectres indiquent la présence de *deux* groupements carboxyles ionisés, semblables à ceux de (I) (formule II *bis*).

Le composé $C_4H_3O_6Sb$, dont il a été précédemment question ([1]), et pour lequel la dénomination « acide tartroantimonieux » semble plus exacte que celle d'« anhydride tartroantimonieux », serait alors l'acide (III) correspondant à (II) :



(II *bis*) (III)

Une difficulté vient de ce que, dans les cas (III) (Bi ou Sb), on ne trouve pas, vers 1700 cm^{-1}, la bande caractéristique du groupement COOH. Peut-être s'agit-il de la forme de Hantsch $-\mathrm{C}\left\langle{}^{\mathrm{O}}_{\mathrm{O}}\right]\mathrm{H}$, qui a été proposée pour interpréter des résultats analogues (aminoacides). Cette explication semble acceptable dans le cas de l' « anhydride tartroantimonieux » ([2]). Dans le cas du complexe bismuthotartrique, qu'il n'a pas été possible d'obtenir à l'état

([2]) Les bandes de 1690 et 1756 cm^{-1}, trouvées dans le spectre d'un échantillon d' « anhydride tartroantimonieux », provenaient vraisemblablement de la présence d'une petite quantité d'acide tartrique, libéré par hydrolyse au cours des purifications.

anhydre comme le dérivé précédent, nous pensons que la molécule d'eau restante se trouve reliée au groupement carboxyle sous la forme mentionnée ci-dessus. (On rappelle que le passage du chloral anhydre au chloral hydraté se traduit par la disparition de l'absorption dans la région de 1700 cm^{-1}.)

Dans les deux cas, une autre hypothèse, prévoyant une liaison entre l'atome d'antimoine ou de bismuth et le groupement carboxyle, nous semble moins vraisemblable.

Le sel de pyridine, obtenu à partir de l' « anhydride tartroantimonieux », provient du remplacement du potassium de l'émétique par la pyridine, et l'ester éthylique de l'estérification du groupement CO OH dans la formule (III).

Le remplacement de l'atome d'hydrogène du groupement CO OH dans (III) conduit à une série nouvelle de bismuthotartrates cristallisés et anhydres ([3]) $C_4H_2O_6BiM$ (M = K, Na, Li, Am, Pyridine), qui présentent, eux aussi, un groupement carboxyle ionisé normal (du genre de ceux de I) et un groupement carboxyle ionisé perturbé par la liaison bismuthique. Avec cette série de sels anhydres, on mesure une forte bande vers 670 cm^{-1}, dont l'attribution reste encore incertaine, et dont nous avons également trouvé la présence dans le tartrate acide de sodium déshydraté (alors que l'hydrate à une molécule d'eau ne donnait pas lieu à cette absorption).

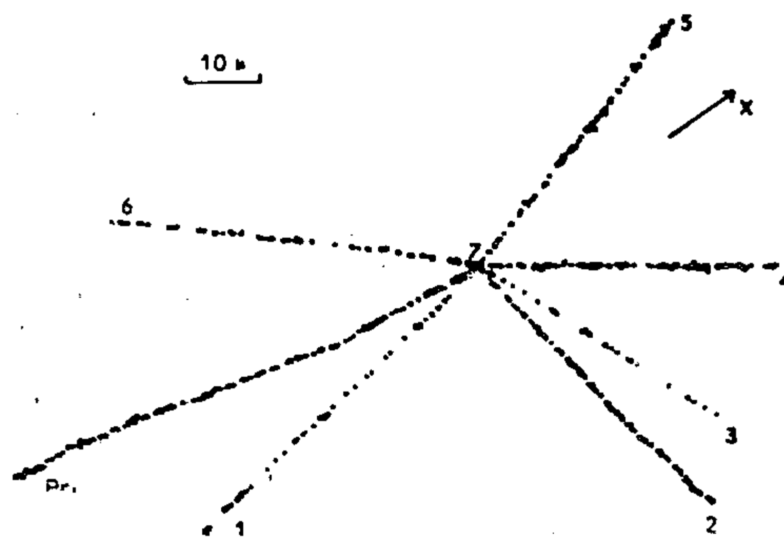
II. *Dérivés de l'acide tartrique racémique et de l'acide mésotartrique.* — La même méthode de comparaison entre les sels métalliques et les complexes bismuthiques, conduit à des conclusions identiques à celles de la série droite.

PHYSIQUE CORPUSCULAIRE. — *Sur l'étoile super sigma produite par la capture d'un méson* K_σ. Note de M. **Tsai-Chü**, présentée par M. Eugène Darmois.

Une étoile de six branches, ne contenant ni méson π ni hyperon, a été produite par la capture d'un méson K_σ. La masse du méson lourd négatif, mesurée par la granulation et la diffusion multiple, est à 10 % près la même que celle d'un méson τ.

1. Dans un paquet de plaques S 36 du vol de Sardaigne, développées à un minimum d'ionisation d'environ 11 grains par 100 μ, nous avons observé une étoile de six branches produite à la fin d'un méson K. Le méson K_σ est entré du côté supérieur d'une plaque, a traversé successivement cinq plaques en parcourant au total 44 000 μ. Le point d'arrêt de chaque branche peut être trouvé en suivant sa trajectoire dans les plaques voisines. La figure reproduit le dessin en projection de l'étoile. Près du centre de l'étoile, il y a un petit paquet de grains (branche 7) dû au noyau de recul et la branche 6 ne passe pas exactement au centre de l'étoile, elle est décalée d'une distance de 0,5 μ. Les branches 1, 3, 4, 5, 6 peuvent être identifiées comme protons, mais la branche 2 est probablement un deutéron.

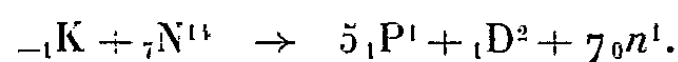
2. Le tableau indique les parcours et les énergies des particules. L'énergie cinétique totale des branches, calculée d'après les parcours dans l'émulsion est égale à 159 MeV. Puisque cette énergie est déjà plus grande que l'énergie au repos d'un méson π, ceci exclut la possibilité d'un méson π primaire. Les mesures directes sur la masse de la particule primaire



donnent 933 ± 123 m_e par diffusion multiple avec la méthode de la flèche constante et 854 ± 100 m_e par ionisation en utilisant la méthode [1] des paquets de grains et des lacunes; la première valeur résulte d'un parcours résiduel de 1,5 cm et la deuxième d'un parcours de 0,5 cm. Des mesures plus précises sont en cours.

Particule.........	Prim.	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.
Nature...........	K	P	D (ou P)	P	P	P	P	P (?)
Parcours (μ).....	44 000	2296	218,7	13 618	408,7	1652	7410	1,6
Énergie (MeV)....	–	22,2	7,8	60,1	8,5	18,3	41,7	0,3

3. La capture de ce méson K_σ paraît conduire à la désintégration d'un noyau sans énergie finalement disponible pour la production d'un méson π ou d'un hyperon. Un tel mode de désintégration peut être intéressant parce qu'il nous permet d'estimer indirectement la masse d'un méson K_σ. Si nous supposions que le noyau désintégré est un noyau d'azote, nous pourrions établir la réaction suivante :



$$_{-1}K + {}_7N^{14} \rightarrow 5\,{}_1P^1 + {}_1D^2 + 7\,{}_0n^1.$$

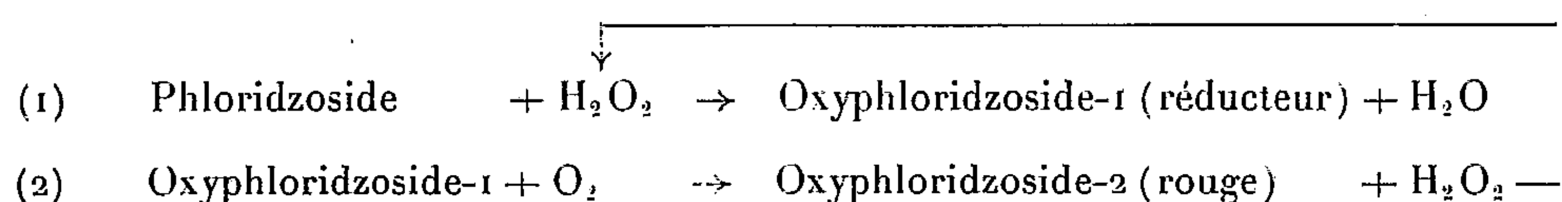
L'énergie au repos du méson K_σ est transformée en : *a.* l'énergie cinétique visible (158,9 MeV); *b.* le défaut de masse du noyau d'azote (102,7 MeV) et *c.* l'énergie cinétique des neutrons (qu'on peut estimer à $7 \times 158{,}9/6 = 183{,}4$ MeV), par conséquent, nous aurions pour la masse de ce méson K_σ 447 MeV ou 875 m_e. Si nous supposions que la branche 7 constitue une partie d'un noyau désintégré qui pourrait être un noyau

(1) Fowler et Perkins, *Phil. Mag.* (sous presse).

d'oxygène, la masse du méson K_σ varierait de 972 à 916 ou à 853 m_0 selon que le noyau de recul 7 serait un proton, un deutéron ou un triton. Il serait peut-être moins vraisemblable de supposer l'explosion d'un noyau lourd (Ag, Br), mais la masse du méson K_σ ne changerait pas beaucoup si l'on admettait que le nombre des neutrons émis est égal à 1,25 fois ([2]) celui des protons.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur l'oxydation du phloridzoside induite par l'eau oxygénée. Régénération de ce peroxyde par autoxydation du produit d'oxydation primaire.* Note de M. **Joseph Neumann**, Mlle **Geneviève Lehongre** et M. **Jean Lavollay**, transmise par M. Robert Courrier.

En milieu alcalin le phloridzoside est oxydé par l'eau oxygénée en un corps réducteur, l'oxyphloridzoside-1 qui est lui-même oxydable à l'air en un corps rouge, l'oxyphloridzoside-2. D'autre part, une très faible *proportion* d'eau oxygénée suffit pour provoquer à l'air l'oxydabilité de *tout* le phloridzoside en oxyphloridzoside-2, ce qui nous a conduits à admettre que l'eau oxygénée est régénérée au cours de la réaction ([1]), ([2]), ([3]).



Les expériences suivantes ont été réalisées en vue d'apporter des preuves directes de la réalité de ce mécanisme.

a. Une préparation d'oxyphloridzoside-1 ([4]) de concentration équivalente à $13,3.10^{-3}$ M d'indophénol est agitée à l'air dans le tampon purifié de pH 9,1 ([3]) jusqu'à disparition de son pouvoir réducteur. La solution, colorée en rouge par l'oxyphloridzoside-2, est acidifiée à pH 1 et débarrassée de l'oxyphloridzoside-2 par le charbon activé ([6]). Le liquide décoloré donne une réaction de peroxyde fortement positive (iodure de potassium-amidon). Un volume correspondant à 1 cm^3 de la préparation

([2]) Brown, Camerini, Fowler, Heitler, King et Powell, *Phil. Mag.*, 40, 1949, p. 862.

([1]) G. Lehongre, J. Neumann et J. Lavollay, *Bull. Soc. Chim. biol.*, 32, 1950, p. 1023-1030.
([2]) J. Neumann, G. Lehongre et J. Lavollay, *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 1542.
([3]) J. Neumann, G. Lehongre et J. Lavollay, *Bull. Soc. Chim. biol.*, 36, 1954, p. 869-878.
([4]) Obtenue par action de l'eau oxygénée (18.10^{-3} M) sur le phloridzoside (18.10^{-3} M) à pH 9,1 à l'abri de l'air. Après 24 h le rendement en oxyphloridzoside-1 est de 80 % ([3]) et le milieu ne renferme plus d'eau oxygénée [sensibilité de la réaction ([5]) : 10^{-6} M].
([5]) W. A. Patrick et A. B. Wagner, *Anal. Chem.*, 21, 1949, p. 1279-1280.
([6]) Lavé à l'acide chlorhydrique et à l'eau.

d'oxyphloridzoside-1 est introduit dans une fiole de Warburg, amené à pH 9,1 et additionné de catalase ([7]). Le dégagement d'oxygène est égal à 85 mm³, soit 51 % du volume attendu d'après la réaction (2).

b. On agite à l'air dans l'appareil de Warburg des solutions d'oxyphloridzoside-1 et des mélanges d'oxyphloridzoside-1 et de phloridzoside dans le tampon purifié alcalin (*fig.* 1). Les volumes d'oxygène absorbés montrent que l'oxyphloridzoside-1 se conduit en catalyseur de l'oxydation du phloridzoside par l'oxygène. Les courbes d'absorption des mélanges renfermant le phloridzoside ressemblent à celles qui sont obtenues en utilisant comme inducteur l'eau oxygénée ([2]), ([8]).

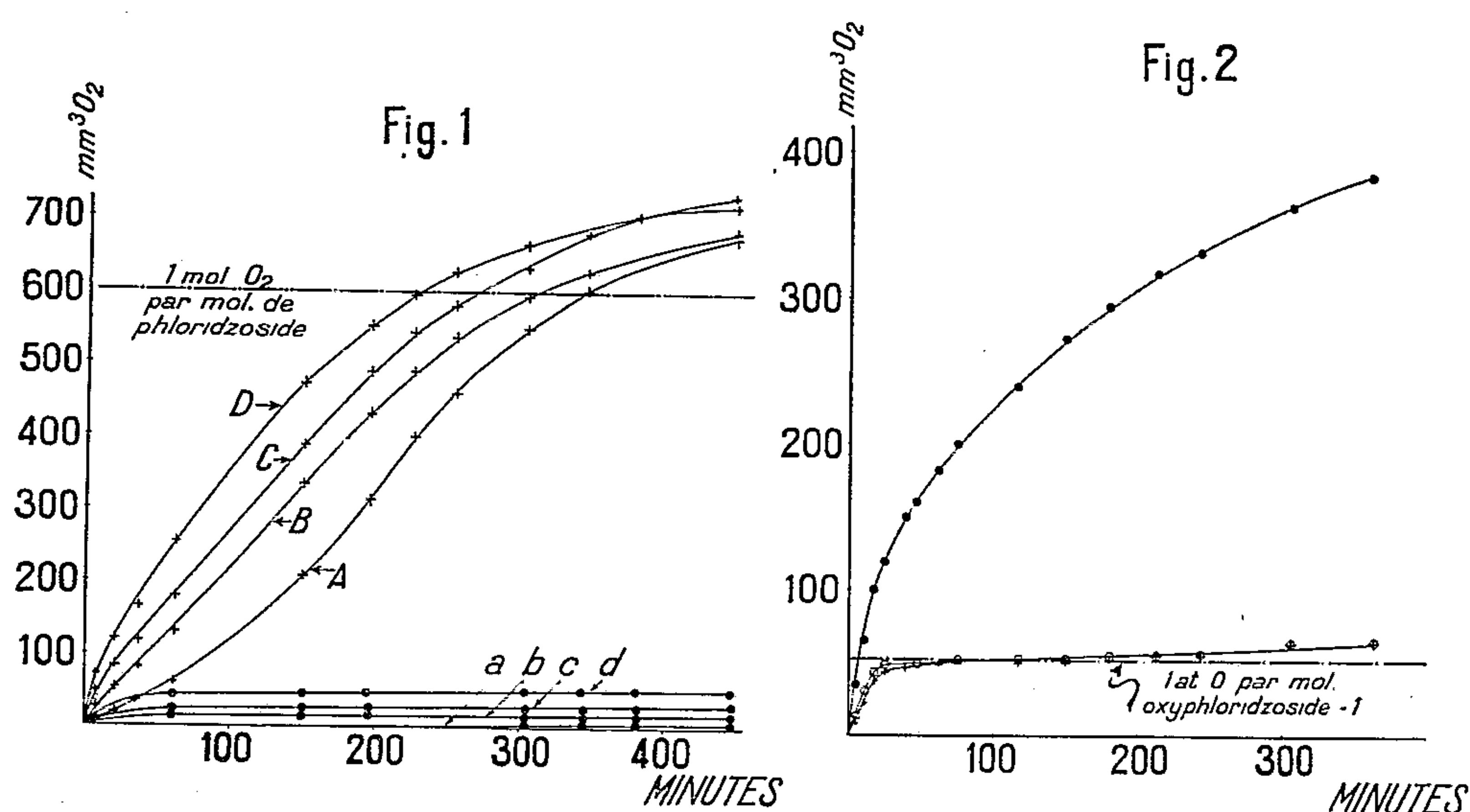


Fig. 1. — Absorption d'oxygène par des mélanges de phloridzoside et d'oxyphloridzoside-1 agités à l'air à pH 9,1; concentration en phloridzoside : 1,06.10⁻²M, concentration en oxyphloridzoside-1 : A = 1,5.10⁻⁴M; B = 3.10⁻⁴M; C = 5,9.10⁻⁴M; D = 8,9.10⁻⁴M. Témoins : oxyphloridzoside-1 aux concentrations correspondantes (*a*, *b*, *c*, *d*). Volume : 2,1 cm³. Température : 30° C.

Fig. 2. — Absorption d'oxygène par un mélange de phloridzoside (3,33.10⁻³M) et d'oxyphloridzoside-1 (1,46.10⁻³M) agité à l'air à pH 9,1 (....) et par le même mélange en présence de catalase (oooo). Témoin : oxyphloridzoside-1 (1,46.10⁻³M) + catalase (++++). Volume : 3 cm³. Température : 30° C.

Une expérience analogue est réalisée en présence et en absence de catalase (*fig.* 2). Les volumes d'oxygène absorbés en présence de catalase ([9]) sont abaissés à un atome d'oxygène par molécule d'oxyphlo-

([7]) Préparation brute suivant H. Tauber, *Enzymologia*, 26, 1954, p. 311-316.

([8]) La vitesse initiale en présence d'oxyphloridzoside-1 (8,9.10⁻⁴ M) est du même ordre de grandeur que lorsque l'inducteur est l'eau oxygénée à la concentration de 3,7.10⁻³ M ([2]). L'induction ne peut donc être attribuée à une trace d'eau oxygénée ($\leq$ 10⁻⁶ M) pouvant subsister dans la préparation d'oxyphloridzoside-1.

([9]) La quantité d'enzyme utilisée était capable de décomposer en 1 mn une masse d'eau oxygénée 60 fois plus importante que celle qui pouvait apparaître dans le même temps par autoxydation de l'oxyphloridzoside-1.

ridzoside-1. La présence de catalase dans un milieu renfermant du phloridzoside et de l'oxyphloridzoside-1 empêche donc l'oxydation du phloridzoside par l'oxygène, comme on devait s'y attendre si le catalyseur de cette oxydation est effectivement l'eau oxygénée.

On peut donc considérer comme démontré le mécanisme d'induction précédemment invoqué. Lorsque de petites quantités d'eau oxygénée sont introduites dans une solution alcaline de phloridzoside, de l'oxyphloridzoside-1, réducteur, est formé. A l'air, l'oxyphloridzoside-1 est oxydé par l'oxygène moléculaire; il se forme de l'oxyphloridzoside-2 et de l'eau oxygénée. L'eau oxygénée entre à nouveau dans le cycle et toutes les molécules de phloridzoside présentes sont oxydées par l'oxygène à l'état d'oxyphloridzoside-2.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Cryométrie des oxydes et chlorures dans le chlorure de sodium fondu.* Note (*) de M. **Jonas Harrison**, transmise par M. Eugène Darmois.

On éprouve quelques difficultés à déterminer le degré de dissociation des sels dans le NaCl fondu; ceci est dû à la faible solubilité de beaucoup de sels et à l'association probable des autres, indiquant par là que nous n'avons pas atteint les limites de dilution nécessaires à l'application théorique de la loi de Raoult. On a vu cependant certains oxydes et chlorures se dissocier complètement.

Cette Note est une suite aux études cryométriques de Petit et Bourlange [1] employant NaCl comme solvant. Le point de fusion de NaCl a été établi à 800° C, la constante cryométrique, K, à 20,5 et la chaleur de fusion calculée par la relation de van't Hoff, est 6 560 cal/mol, comparée à 7 220 cal/mol donné par Perry [2].

1. Les résultats obtenus avec les oxydes sont les suivants :

a. Li_2O, BaO et SrO sont complètement dissociés en leurs particules.

b. CaO montre une tendance à s'ioniser en deux particules à la limite de dilution infinie. La chute rapide de la courbe est attribuée au peu de solubilité de CaO.

c. A la limite de dilution accessible à l'expérience, B_2O_3 ne montre aucune tendance à se dissocier.

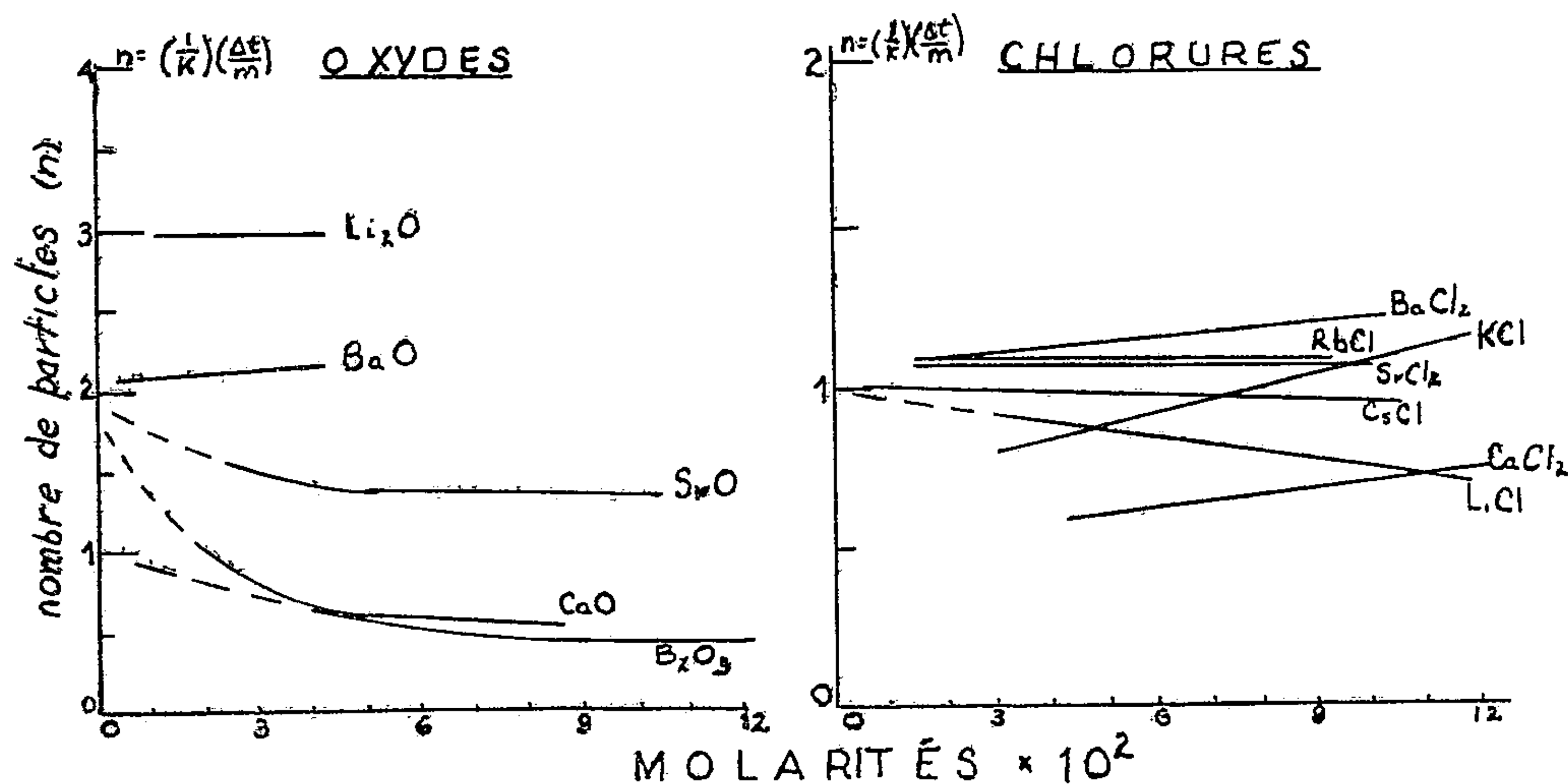
d. Les oxydes suivants ne révèlent pas d'abaissement de température pour des concentrations entre les molarités 0,01 à 0,05. BeO, MgO, ZnO, CdO, TiO_2, ThO_2, ZrO_2, SiO_2, Cr_2O_3, Fe_2O_3, Co_2O_3, Al_2O_3, Sb_2O_3 et CeO_2. Il

(*) Séance du 11 juillet 1955.

(1) *Comptes rendus*, 237, 1953, p. 457.

(2) *Chem. Eng. Handbook*, 3e éd., McGraw-Hill Book Co. Inc., New-York, (1950), p. 212.

semblerait que la cryométrie des éléments métalliques des oxydes moins électropositifs que le sodium ne peut s'effectuer dans le chlorure de sodium. Cette supposition est renforcée par le fait que la pente des courbes s'accentue en allant de l'oxyde de lithium à l'oxyde de calcium.



2. Les résultats obtenus avec les chlorures sont les suivants :

a. $BaCl_2$, $SrCl_2$ et $CsCl$ sont complètement ionisés en leurs particules.

b. $LiCl$ montre une tendance vers l'ionisation complète à la limite de dilution infinie, mais la pente de la courbe indique un manque de comportement idéal. Ceci est attribué à la formation de cristaux mixtes comme il s'en forme d'ailleurs avec KCl et $CaCl_2$.

c. Aucune dépression n'a été observée avec $AlCl_3$, $CdCl_2$ et $MgCl_2$. En conséquence, il a été conclu que les chlorures se comporteraient comme les oxydes en ce sens que seuls les éléments métalliques des chlorures plus électropositifs que le sodium pourraient être employés pour les mesures cryométriques dans ce cas. Les autres chlorures n'ont pas été essayés.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Essai sur une théorie de la solubilité saline en phase aqueuse. Solubilité des sels de terres rares.* Note de Mme **Geneviève Darmois** et M. **Georges Petit**, présentée par M. Eugène Darmois.

Le phénomène de la solubilité des sels en phase aqueuse, malgré son observation journalière, possède à l'heure actuelle une théorie encore assez incertaine. Suivant nous, ceci provient de la connaissance imparfaite de la structure électronique *précise* des différentes liaisons dans le cristal, et de l'interférence, dans la dissolution, de nombreux phénomènes antagonistes dont elle est la résultante.

Si l'on remarque avec E. Darmois que le corps dissous est à l'état liquide [1], la dissolution peut être définie comme une fusion de cette substance en présence du solvant, plus précisément de la fusion du complexe soluté-solvant.

On peut penser que cette « fusion » de dissolution, ou dislocation du réseau tridimensionnel du cristal initial, est la résultante d'au moins deux facteurs antagonistes. Le premier étant la liaison covalentielle du réseau tridimensionnel primitif tendant à sauvegarder son intégrité. Le second, qui lui est opposé, étant la solvatation aidant à la dislocation. Ce second fait se comprend d'autant mieux, que, comme l'a fait remarquer l'un de nous [2], la solvatation tend à redonner à l'ion solvaté les caractères d'un atome, l'énergie de solvatation étant approximativement égale à l'énergie d'ionisation.

La solvatation aura une tendance à conférer à l'ion solvaté les caractéristiques énergétiques d'un atome tout en augmentant considérablement ses dimensions.

Ces deux facteurs fondamentaux sont à la fois fonction, dans le cas le plus général, de la structure mal connue de la liaison à couper, c'est-à-dire des natures respectives des anions et cathions, des potentiels d'ionisation et des rayons atomiques.

Dans le cas simple de sels ne différant que par leurs cathions appartenant à la même colonne du tableau périodique, interviennent encore le caractère covalentiel et la solvatation, faisant participer au moins trois paramètres fondamentaux de ce cathion : le numéro Φ; le rayon atomique, le potentiel d'ionisation. Si nous admettons la relation de Cole :

$$\Phi = \frac{KZV}{R^2}$$

où Φ est le degré covalentiel, K, une constante, Z le numéro atomique, V le potentiel d'ionisation, R le rayon atomique.

Il existe un cas cependant, et c'est chez les sels de terres rares, où la faible variation des paramètres permet de bien dissocier les différents facteurs entrant en jeu.

Le facteur Φ doit croître du lanthane au lutétium surtout par suite de l'accroissement du potentiel d'ionisation. On connaît d'ailleurs les variations de positivité de ces métaux.

Mais par suite de la remarque précédente, la solvatation augmentera de même du lanthane au lutétium. Nous avons donc deux facteurs antagonistes dont l'action, s'ils sont de même ordre de grandeur, doit se traduire par une courbe de solubilité passant par un minimum.

---

(1) E. Darmois, *L'état liquide de la matière* (Albin-Michel).

(2) G. Darmois-Sutra, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 834.

Or, c'est ce que l'expérience a révélé à Georges Urbain pour les éthylsulfates ([3]), à Demarçay pour les nitrates ([3]), à K. S. Jackson et Rienäckes pour les sulfates hydratés ([4]) et de même pour les oxalates ([5]), bromates ([6]), où le minimum se situe vers l'europium ou le gadolinium.

Suivant nous, il y a là une preuve expérimentale de l'influence solubilisante de la solvatation en phase aqueuse, et de la complexité du phénomène global, dont il est difficile de discriminer les données élémentaires dans le cas le plus général.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur les complexes du cadmium et de l'iode en solutions aqueuses.* Note de M[lles] **Marguerite Quintin** et **Simonne Pelletier**, présentée par M. Georges Chaudron.

Mise en évidence, par titrage conductimétrique de NaI par $Cd(NO_3)_2$ et inversement, de l'existence en solution de CdI^+, CdI_2, CdI_3^- et $CdI_4^=$.

On sait que l'ion Cd^{++} est susceptible de donner des complexes, la coordinance étant généralement quatre. P. Job ([1]), le premier, a mis en évidence, par l'étude des spectres d'absorption, la présence de l'ion $CdI_4^=$ dans les mélanges KI — $Cd(NO_3)_2$. Mais, les énergies de liaisons des quatre covalences devant être sensiblement égales ([2]), ([3]), il est possible que CdI^+, CdI_2 et CdI_3^- existent successivement ou simultanément dans certaines conditions.

Nous avons cherché à mettre ces formes intermédiaires en évidence en étudiant la variation de la conductibilité d'une solution NaI au cours d'additions progressives d'une solution $Cd(NO_3)_2$.

La conductibilité est mesurée à l'aide d'un montage de Kohlrausch de précision (mieux de $\pm$ 0,1 %); la température étant fixée à $\pm$ 0,05° C. L'eau est bidistillée dans un appareil en quartz et les produits purifiés par cristallisations successives. On a vérifié que la cellule de titrage utilisée, dont les bras d'arrivée du courant sont très écartés l'un de l'autre, ne présente aucun effet de fuite. Lorsqu'il y a variation de volume par addition du réacti titrant, la valeur mesurée est corrigée pour l'effet de dilution.

La figure 1 reproduit l'une des courbes obtenues. On voit qu'elle présente

---

([3]) V. Pascal, *Traité de chimie minérale*, 8, p. 77.

([4]) *Chem. Soc.*, 1930, p. 1687-1691.

([5]) E. Bodlander, *Beitrage Z. systematik d. selt. Erden Dissert. Berlin*, 1915, p. 33.

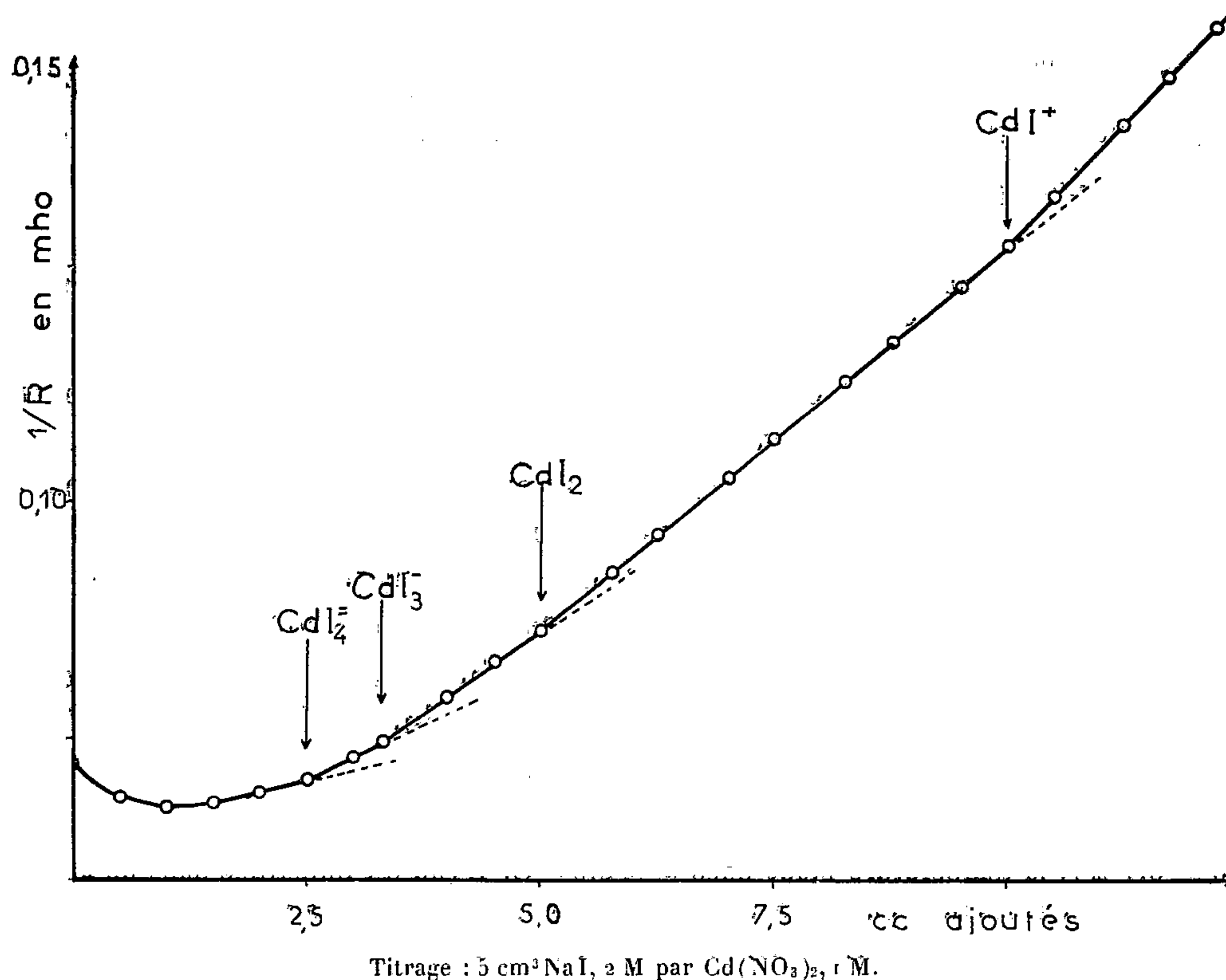
([6]) Jordan et Hopkins, *J. Amer. Chem. Soc.*, 39, 1917, p. 2614-2623; 30, 1908, p. 182; 34, 1912, p. 757.

([1]) *Ann. Chimie*, 10e série, 11, 1928, p. 115.

([2]) L. Pauling, *J. Amer. Chem. Soc.*, 53, 1931, p. 1367.

([3]) R. S. Mulliken, *Phys. Rev.*, 40, 1932, p. 55.

quatre points anguleux nets, surtout quant aux deux premiers, et qui correspondent exactement à $CdI_4^=$, CdI_3^-, CdI_2 et CdI^+. Le début arrondi de la courbe indique la superposition d'un autre équilibre à celui de formation de $CdI_4^=$. Étant donné que, lors de l'addition des premières gouttes de $Cd(NO_3)_2$, la solution se trouve très diluée en ions Cd^{++}, il y a hydrolyse. Or ce phénomène s'accompagne, comme dans le cas de tous les métaux de transition (¹), de l'apparition d'un complexe, vraisemblablement CdIOH, $2H_2O$, et régresse au fur et à mesure de l'addition de réactif.



Titrage : 5 cm³ NaI, 2 M par $Cd(NO_3)_2$, 1 M.

Par titrage en sens inverse, c'est-à-dire addition de NaI à $Cd(NO_3)_2$, seuls les deux points d'équivalence relatifs à CdI^+ et CdI_2 sont très marqués.

En fin de titrage, la variation de volume entraîne une correction de dilution dont la validité est discutable si elle devient trop grande. Ce qui explique, dans les deux cas, l'incertitude sur les deux derniers points anguleux.

Quoi qu'il en soit, les mesures conductimétriques permettent de conclure à l'existence, dans les solutions NaI—$Cd(NO_3)_2$, des quatre formes théoriquement possibles : CdI^+, CdI_2, CdI_3^- et $CdI_4^=$.

(¹) M. Quintin, *Comptes rendus*, 184, 1927, p. 1657; 201, 1935, p. 1176.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur une modification de la méthode de la fonction de formation dans le cas de l'étude des complexes métalliques des acides aminés.* Note de M. **Jean Curchod**, présentée par M. Georges Chaudron.

La méthode de Bjerrum ne s'applique qu'à l'étude des complexes successifs d'un même agent complexant. Nous l'avons modifiée de façon à pouvoir l'utiliser dans le cas des acides aminés qui comportent trois formes complexantes en équilibre.

Contrairement à certains auteurs qui n'envisagent que les seuls complexes formés à partir de l'ion négatif d'un aminoacide, nous avons modifié la méthode de la fonction de formation indiquée par J. Bjerrum [1] de façon à tenir compte d'une part du fait que l'agent complexant peut exister sous quatre formes différentes, d'autre part des complexes formés à partir de deux ions distincts : l'ion dipolaire ($R^{\pm}$) et l'ion négatif (R^-).

1° *Expression de la « fonction de formation » dans le cas de l'existence des complexes formés uniquement à partir de l'ion* R^-. — L'expérience consiste à titrer par une base, un mélange acide aminé-sel de cuivre et à mesurer le pH, le mélange ayant été préalablement amené à un pH assez bas par une addition convenable d'acide.

Nous appelons c_0 la concentration initiale en Cu^{++}, ac_0 la concentration initiale en (H^+), mc_0 la concentration initiale en acide aminé et xc_0 la concentration en potasse à un instant donné.

La « fonction de formation » (nombre moyen de groupements complexants liés à un atome central) est égale dans le cas de deux complexes CuR^+ et CuR_2 à

$$\bar{n} = \frac{(CuR^+) + 2(CuR_2)}{c_0}.$$

En nous servant des relations exprimant les concentrations en cuivre total et en acide aminé total, de l'électroneutralité de la solution ainsi que des deux constantes de dissociation K'_A et K'_B de l'aminoacide on établit l'expression suivante de la fonction de formation :

$$(1)\qquad \bar{n} = \frac{[xc_0 - ac_0 + (H^+) - (OH^-)]}{c_0\left(1 + 2\frac{(H^+)}{K'_B}\right)}\left[1 + \frac{K'_A}{(H^+)} + \frac{(H^+)}{K'_B}\right] - m\,\frac{\frac{K'_A}{(H^+)} - \frac{(H^+)}{K'_B}}{1 + 2\frac{(H^+)}{K'_B}}.$$

En tenant compte de cette relation, la concentration en ion négatif de l'aminoacide est donnée par :

$$(2)\qquad (R^-) = \frac{c_0(m - \bar{n})}{1 + \frac{(H^+)}{K'_A} + \frac{(H^+)^2}{K'_A K'_B}}.$$

(1) *Metal Ammine formation in aqueous solution*, Haase and Son, Copenhague, 1941.

Si l'on construit la courbe (dite « courbe de formation ») $\bar{n} = f[-\log(R^-)]$ on peut par trois méthodes différentes indiquées par Bjerrum obtenir les constantes de dissociation K'_1 et K'_2 des deux complexes envisagés.

2. *Expression de « la fonction de formation » dans le cas de la coexistence de complexes formés à partir de deux groupements complexants différents* R^- *et* $R^{\pm}$.

Étant donné la coordinance du cuivre, il y a théoriquement cinq complexes possibles; deux formés à partir de l'ion dipolaire, deux formés à partir de l'ion négatif et un mixte. Ce sont CuR^{++}, CuR_2^{++}, CuR^+, CuR_2 et CuR_2^+ dont les constantes apparentes de dissociation sont K_1, K_2, K'_1, K'_2 et K''_2.

En utilisant les mêmes notations que dans le paragraphe précédent et en appelant $\bar{n}'$ et $(R^-)'$ la fonction de formation et la concentration en ion négatif dans ce cas, on établit que

$$(3)\qquad \bar{n}' = \left[\frac{xc_0 - ac_0 + (H^+) - (OH^-) + (CuR^{++}) + (CuR_2^+) + 2(CuR_2^{++})}{c_0\left(1 + 2\dfrac{(H^+)}{K'_B}\right)}\right] \times \left[1 + \frac{K'_A}{(H^+)} + \frac{(H^+)}{K'_B}\right] - m\frac{\dfrac{K'_A}{(H^+)} - \dfrac{(H^+)}{K'_B}}{1 + 2\dfrac{(H^+)}{K'_B}}$$

Cette expression n'est pas directement calculable mais nous avons néanmoins réussi à résoudre le problème en opérant de la façon suivante :

Si l'on retranche membres à membres les équations 1 et 3, et en introduisant les constantes de dissociation des cinq complexes (exprimées par rapport à l'ion négatif (R^-) on obtient la relation :

$$(4)\quad \bar{n} + (\bar{n} - 1)\frac{(R^-)'}{K'_1} + (\bar{n} - 2)\frac{(R^-)'^2}{K'_2} + \left[\bar{n} - \frac{\dfrac{(H^+)}{K'_B} - \dfrac{K'_A}{(H^+)}}{1 + 2\dfrac{(H^+)}{K'_B}}\right]\frac{(H^+)}{K'_A}\frac{(R^-)'}{K_1} + \left[\bar{n} - 2\frac{\dfrac{(H^+)}{K'_B} - \dfrac{K'_A}{(H^+)}}{1 + 2\dfrac{(H^+)}{K'_B}}\right]\frac{(H^+)^2}{K'^2_A}\frac{(R^-)'^2}{K_2} + \left[\bar{n} - \frac{1 + 3\dfrac{(H^+)}{K'_B} - \dfrac{K'_A}{(H^+)}}{1 + 2\dfrac{(H^+)}{K'_B}}\right]\frac{(H^+)}{K'_A}\frac{(R^-)'^2}{K''_2} = 0.$$

On peut également établir entre les grandeurs (R^-) et $(R^-)'$ l'expression suivante :

$$(5)\quad (R^-)' = (R^-) - c_0\frac{\dfrac{(R^-)}{K_1}\dfrac{(H^+)}{K'_A} + \dfrac{(R^-)'^2}{K''_2}\dfrac{(H^+)}{K'_A} + 2\dfrac{(R^-)'^2}{K_2}\dfrac{(H^+)^2}{K'^2_A}}{1 + \dfrac{(R^-)'}{K_1}\dfrac{(H^+)}{K'_A} + \dfrac{(R^-)'}{K'_1} + \dfrac{(R^-)'^2}{K_2}\dfrac{(H^+)^2}{K'^2_A} + \dfrac{(R^-)'^2}{K'_2} + \dfrac{(R^-)'^2}{K''_2}\dfrac{(H^+)}{K'_A}} \times \frac{1 + \dfrac{K'_A}{(H^+)} + \dfrac{(H^+)}{K'_B}}{\left[1 + 2\dfrac{(H^+)}{K'_B}\right]\left[1 + \dfrac{(H^+)}{K'_A} + \dfrac{(H^+)^2}{K'_A K'_B}\right]}.$$

Cette équation nous montre qu'en première approximation on peut prendre $(R^-)' = (R^-)$ le deuxième terme du membre de droite étant relativement petit. On peut donc, à l'aide de l'équation (4) et de cinq couples de valeurs $\bar{n}$, et $(R^-)' = (R^-)$ calculer des valeurs approchées des constantes K_1, K'_1, ... Puis en utilisant ces valeurs et l'équation (5) nous déterminerons des valeurs de (R^-) meilleures que les premières utilisées, nous recommencerons le calcul. Par un certain nombre d'approximations successives, on peut ainsi parvenir à une bonne détermination des constantes de dissociation des cinq complexes.

ÉLECTROCHIMIE. — *Sur le mécanisme de la pulvérisation cathodique des conducteurs électrolytiques. Cas d'une solution diluée.* Note de M. **Pierre Barret**, présentée par M. Eugène Darmois.

A la suite de nos travaux [1] et des interprétations qui en ont été données [2], [3], il ne paraît pas douteux que l'émission des particules par la cathode liquide est étroitement liée au processus de décharge des anions à l'interface liquide-gaz. Alors que, dans le cas de l'électrolyse à électrodes plongeantes le mécanisme de la décharge des ions a fait l'objet d'études approfondies et de théories cohérentes [4], [5], on ne trouve, dans le cas de l'électrolyse par étincelle ou par décharge luminescente rien de bien établi malgré les résultats récents de Klemenc [6], [7], [8].

Nous savons que la pulvérisation du liquide est d'autant plus importante que celui-ci contient davantage d'ions et qu'en solution très diluée, elle est pratiquement inobservable. Nous allons rechercher pourquoi il en est ainsi en traitant d'abord le cas, dans cette Note, des solutions diluées :

Dans le cas des électrolytes minéraux qui font croître la tension superficielle, la loi de Gibbs fait prévoir une diminution de la concentration au voisinage de la surface. D'après les vérifications de C. Bouhet [9] celle-ci serait effectivement constituée d'une couche de molécules d'eau sur l'épaisseur de laquelle nous n'avons pas de renseignements précis. En négligeant cette couche d'eau pour évaluer la densité superficielle maximum des ions, on se place donc dans les conditions les plus défavorables. En admettant, pour simplifier, ce qui s'écarte également de la réalité, une répartition des ions aux sommets de cubes

(1) *Thèse* (II), *Pub. Sc. et Tech. du Min. de l'Air;* NT 48, 1953.
(2) E. Darmois, *J. de Chim.-Phys.*, 49, nos 7 et 8, 1952, C 57.
(3) Mme G. Darmois, *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 89.
(4) R. Audubert, *Les ions en solution*, II, Presses Univer., 1955.
(5) G. Sutra et E. Darmois, *Comptes rendus*, 222, 1946, p. 1286.
(6) Klemenc, *Chimia*, 6, 1952, p. 177-180.
(7) Khol et Klemenc, *Monatsh.*, 82, 1951, p. 1041-1045.
(8) Klemenc, *Z. Electrochem.*, 56, 1952, p. 198-205.
(9) *Thèse*, Paris, 1930.

élémentaires, on trouve que, dans le cas par exemple d'une solution N/1 900 de KCl totalement dissocié, il y a $1,2.10^{18}$ ions des deux signes par centimètre cube, ce qui correspond d'après nos conventions à : $(1,2.10^{18})^{2/3} = 1,1.10^{12}$ ions de signes contraires par centimètre carré, soit environ $0,5.10^{12}$ anions.

Par suite de la valeur élevée de la chute cathodique, de l'ordre de 425 V et de la faible épaisseur de l'espace cathodique qui, à la température finale du gaz et à la pression atmosphérique est de l'ordre de grandeur d'un libre parcours moyen électronique, soit 6.10^{-4} cm, la valeur moyenne du champ est de 710 000 V/Cm. La valeur du champ sur la cathode liquide peut être approximativement doublée, soit 1 400 000 V/cm. Dans ce champ, sur une surface de 1 cm², il y aura un excès d'anions de : $\sigma_0 = \varepsilon_0 E_0/4\pi = 0,8.10^{12}$ anions/cm². Dans le cas où la mobilité des ions des deux signes est du même ordre de grandeur, il y a au total : $(0,5+0,4).10^{12} = 0,9.10^{12}$ anions/cm² en surface. Or, l'ion Cl^- ayant un rayon a, à sec, de 1,8 Å, dans 1 cm², pourraient tenir côte à côte un nombre d'anions $n = 2/a^2\sqrt{3} = 3,5.10^{15}$, c'est-à-dire 4 000 fois plus environ que la densité totale des anions calculée plus haut.

Dans ces conditions, les chances pour qu'un ion positif fortement accéléré par le champ dans l'espace gazeux au-dessus de la cathode liquide rencontre un anion de l'électrolyte sont très faibles. Les ions positifs rencontrent généralement une molécule d'eau, très rarement un anion. Ces vues sont en bon accord avec les travaux de Gunther-Schulze ([10]) et d'autres auteurs comme Braunbek ([11]), Klemenc et Milleret ([12]) qui ont étudié la chute cathodique normale V_n avec comme cathodes, des solutions diluées de différents électrolytes. Celle-ci est proportionnelle au travail d'arrachement des électrons $V_n = CW$, (C = constante dépendant de la nature du gaz; pour la vapeur d'eau, $C = 103,9$). Les chutes cathodiques mesurées sur des solutions diluées d'acide sulfurique, de soude, de potasse, etc. ont approximativement toutes la même valeur : $V_n = 425$ V à laquelle correspond le travail d'arrachement des électrons : $W = 425/103,9 = 4,07$ V qui est le travail d'arrachement des électrons de l'eau, valeur très comparable au travail d'arrachement des électrons de métaux comme Cu : 4 V; Ag : 4,1 V; Pt : 4,4 V.

Ainsi, en électrolyse par étincelle d'une solution diluée, il paraît bien établi que :

1° Les ions positifs de l'étincelle rencontrent généralement une molécule d'eau et très rarement un anion.

2° Le travail d'arrachement des électrons de l'eau n'est pas plus élevé que le travail d'arrachement des électrons de métaux comme le cuivre, l'argent ou le platine.

(10) *Z. für Physik*, 24, 1924, p. 52.
(11) *Z. für Physik*. 91, 1934, p. 184.
(12) *Z. Phys. Chem.*, B, 40, 1938, p. 252.

L'électrolyse doit donc se faire par l'intermédiaire des molécules d'eau superficielles qui reçoivent les chocs des ions positifs. Cependant, il convient de remarquer que ce processus n'est pas identique au schéma de l'électrolyse proposé par P. Jolibois ([13]) et dans lequel n'interviennent que les molécules d'eau d'hydratation des ions. D'après notre calcul, du moins dans le cas des solutions diluées, ce sont des molécules d'eau quelconques de la surface et non spécialement l'eau d'hydratation qui servent d'anode intermédiaire entre la phase gazeuse et la phase liquide. Il en résulte que l'on ne peut étendre ce processus à l'électrolyse par électrodes plongeantes.

En conclusion, dans le cas d'une solution fortement diluée, par suite de la faible densité des anions en surface, les actions électrostatiques qu'exercent sur elle les ions positifs de l'étincelle sont peu importantes, l'électrolyse ayant surtout lieu par l'intermédiaire des molécules d'eau superficielles. Ceci paraît expliquer que la pulvérisation cathodique du conducteur électrolytique soit dans ce cas pratiquement indécelable.

MÉTALLOGRAPHIE. — *Observation des structures cristallines au microscope électronique à photoémission.* Note (*) de M. E. LOUIS HUGUENIN, présentée par M. Louis de Broglie.

Nous avons déjà décrit l'appareil utilisé ([1]). Nous lui avons apporté des améliorations tant dans l'optique électronique (ce que montre la résolution pratique obtenue voisine de 0,7-0,5 μ) que dans l'appareillage auxiliaire. Nous avons en particulier monté un dispositif amovible de pulvérisation cathodique et, entre les deux lentilles du microscope, un canon d'ions à décharge gazeuse.

L'observation des structures cristallines est liée à la réalisation des deux conditions suivantes :

a. Comme pour toute étude photoélectrique, il faut nettoyer la surface de l'échantillon;

b. Pour un examen métallographique, il faut éliminer la couche amorphe de Beilby dont l'émission est uniforme, au relief près. Nous allons exposer les différentes méthodes essayées.

Recristallisation de la couche de Beilby. — Dans le cas des métaux à point de fusion élevé, il suffit de chauffer jusqu'à obtenir une émission thermique contrastée, de laisser refroidir puis d'éclairer en lumière ultra-

([13]) *Bul. Soc. Chim. de Fr.*, 5, 5, n° 11, 1938, p. 1429.

(*) Séance du 11 juillet 1955.

([1]) HUGUENIN, *Comptes rendus*, 239, 1954, p. 404.

violette ([2]). Nous avons ainsi obtenu de belles photographies avec le platine comme nos prédécesseurs et avec le molybdène. Ce traitement élimine la couche de Beilby et laisse l'échantillon propre. Malheureusement, il ne peut être appliqué aux métaux à point de fusion bas (Ag, Al, Au, Cu, Zn).

Attaque chimique. — Une attaque chimique avec un réactif approprié révèle les grains. Mais les contrastes observés sont dus seulement au relief, une pellicule uniformément émissive (probablement de l'oxyde) recouvrant la surface. L'image observée n'apporte aucun renseignement supplémentaire par rapport à celle donnée par le microscope optique.

Attaque ionique. — L'attaque ionique s'est avérée la plus efficace. Nous avons opéré jusqu'à présent avec de l'argon pur.

a. Quand le métal est facilement pulvérisable (cas de l'Ag) et quand la couche de Beilby est peu importante, un décapage par *bombardement* ionique (15 000 V, 100 μA pendant 15 mn) révèle les grains (*fig.* 1). Le contraste est dû au relief, mais une légère différence d'émissivité entre les diverses faces cristallines apparaît aussi.

b. En général, le décapage par bombardement ionique est insuffisant (cas du Zn, Al, Ur). Il faut donc réaliser une attaque plus énergique. A cet effet nous avons monté entre le wehnelt de l'objectif et l'objet un dispositif amovible permettant de faire une *pulvérisation cathodique* localisée (*fig.* 2) (*ob.*, objet; *w.*, wehnelt; *a.*, anode; *co.*, coupelle en acier inoxy-

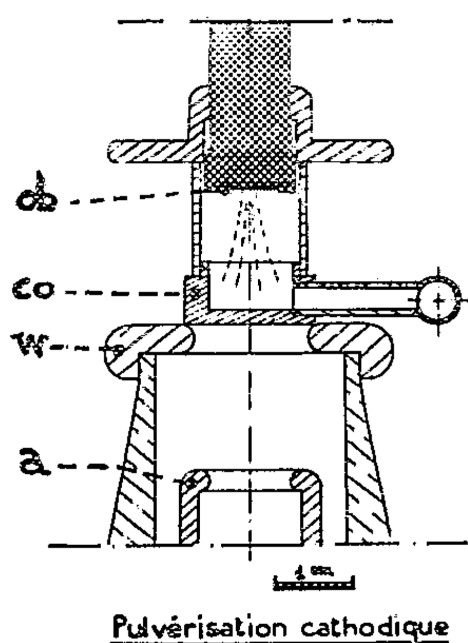


Fig. 2.



Fig. 3.

dable). Les conditions de fonctionnement varient avec le métal. Par exemple sur un échantillon de cuivre, d'épaisseur 3/10° de millimètre,

([2]) Gross, *Z. Phys.*, 105, 1937, p. 734; Mahl et Pohl, *Z. tech. Phys.*, 16, 1935, p. 219-221.

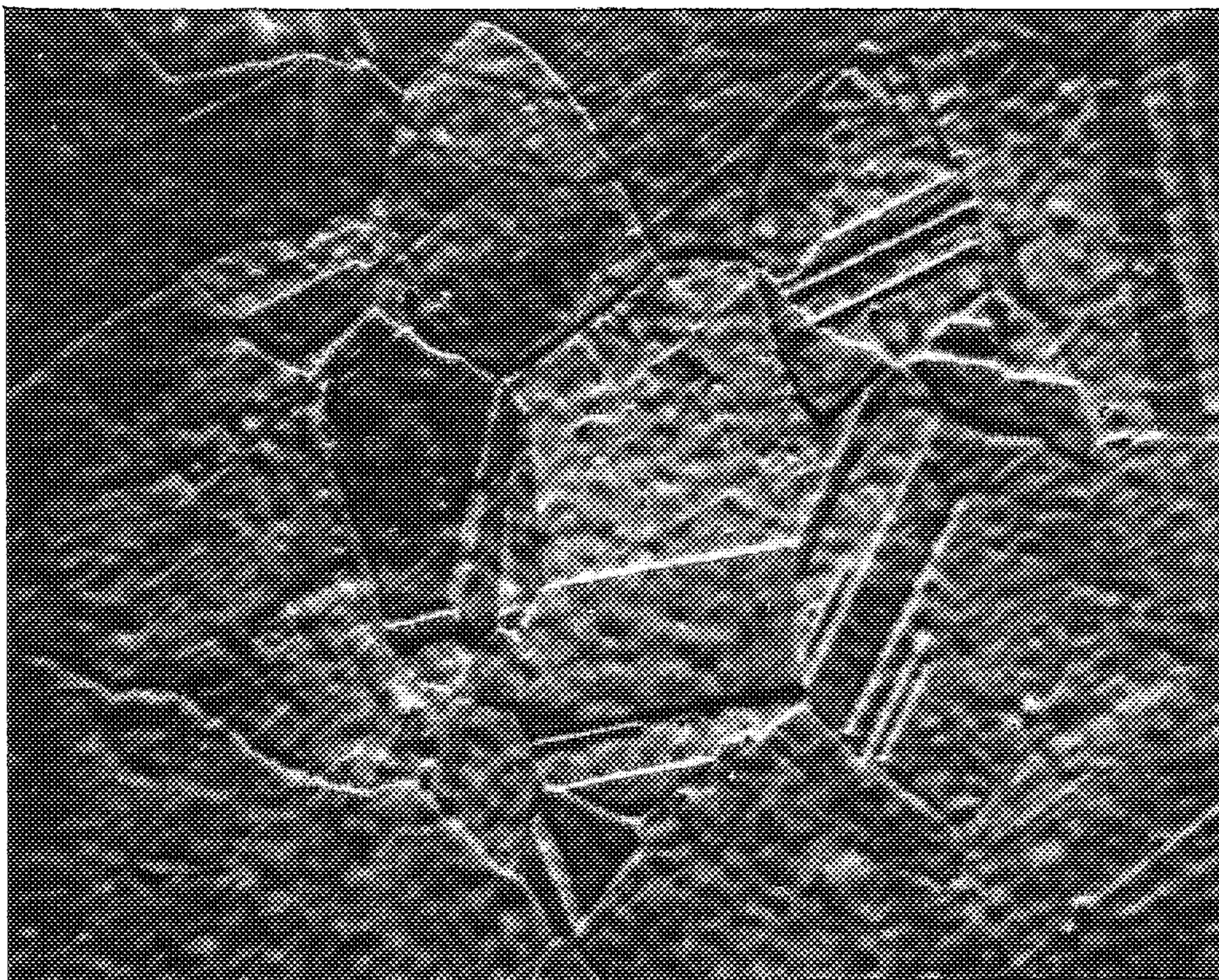


Fig. 1. — Argent bombardé × 200.

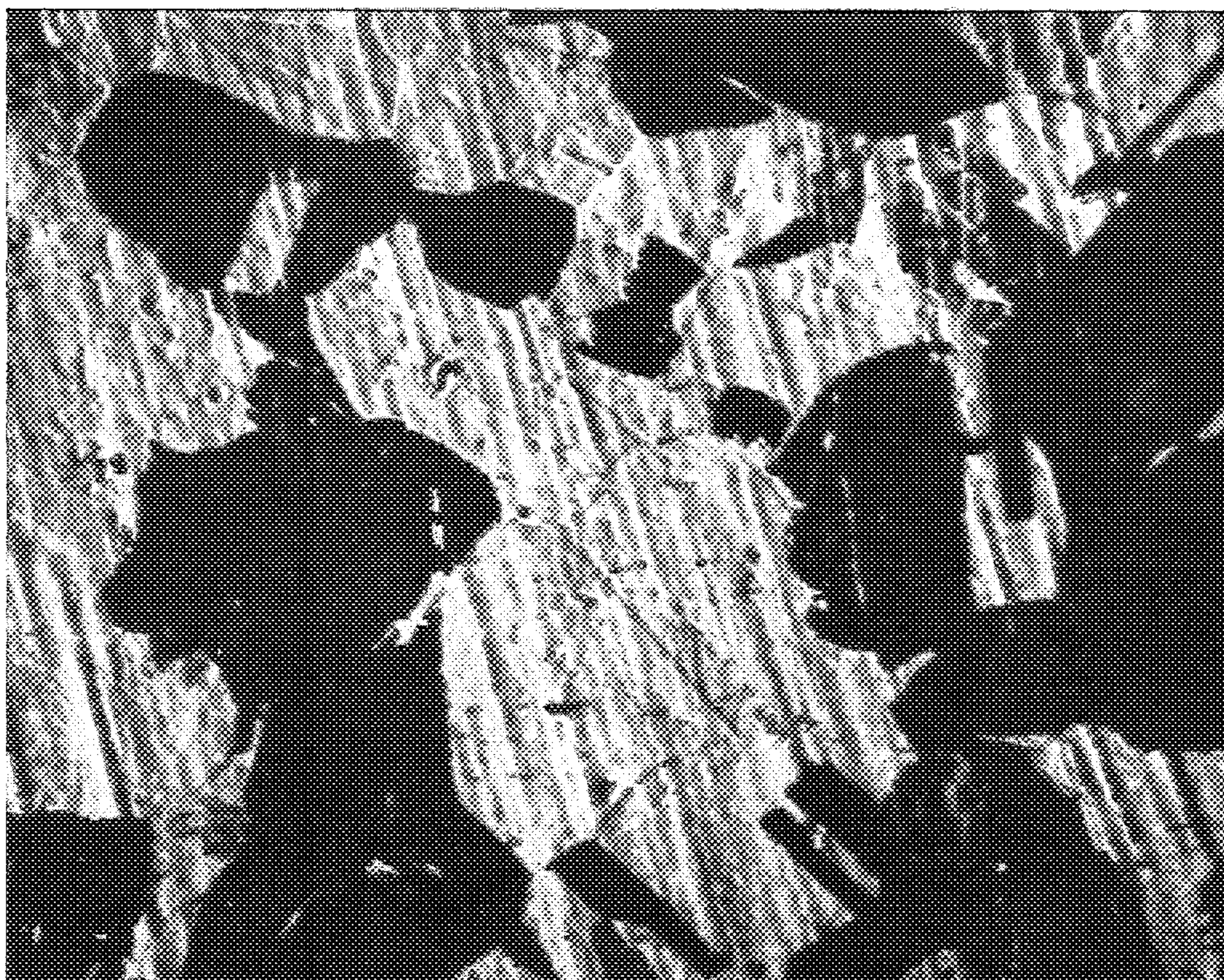


Fig. 4. — Or pulvérisé puis bombardé × 200.

une pulvérisation sous 2 000 V, 1,5-2 mA pendant 10 mn enlève une épaisseur de 1 μ environ. C'est un procédé efficace que nous employons systématiquement, mais il présente l'inconvénient de laisser « remonter » le métal sur la surface de l'échantillon qui est ainsi recouverte par une fine pellicule.

c. Pour supprimer cette pellicule, nous faisons suivre la pulvérisation par un bombardement ionique (*voir* plus haut). Au point d'impact des ions, le métal présente des contrastes par demi-teintes qui peuvent être accentués par un léger chauffage (200° environ). La figure 3 représente un échantillon d'argent ainsi traité. Autour du point d'impact des ions, on observe une contamination sélective (*fig.* 4, or recuit). En faisant varier les conditions de fonctionnement du canon, on peut obtenir des contrastes plus ou moins durs.

ÉLECTROMÉTALLURGIE. — *Préparation par électrolyse ignée des alliages du germanium avec le nickel, le fer et le manganèse.* Note de Mme **MARIE-JEANNE BARBIER-ANDRIEUX**, transmise par M. Jean-Lucien Andrieux.

Aucune recherche sur l'élaboration des alliages du germanium par électrolyse de bains fondus n'a été entreprise; ils ont été, jusqu'à présent, préparés par synthèse directe.

Dans une précédente Note [1] j'ai montré, en collaboration avec J.-L. Andrieux, que le germanium peut être obtenu en électrolysant soit l'oxyde GeO_2 dissous dans les borates ou les silicates alcalins fondus, soit le digermanate de sodium additionné de fluorure de sodium dans les proportions suivantes : $1/4\,(2\,GeO_2,\,Na_2O) + NaF$.

J'ai essayé d'appliquer ces procédés à la préparation des alliages binaires du germanium. J'ai constaté que l'emploi de bains à base de borates ou de silicates alcalins conduit généralement à l'obtention d'alliages contenant du bore ou du silicium; par contre, les bains de germanates alcalins, dans lesquels les oxydes métalliques se dissolvent facilement, m'ont donné de meilleurs résultats.

Le dispositif expérimental est le même que celui décrit précédemment [1].

Pour préparer les alliages Ge-Ni, j'ai effectué à 950-1000° C, avec une intensité de 15 A, sous une tension de 1,5 à 2 V, une série de huit essais, de durée comprise entre 45 et 60 mn. Les bains avaient la composition moléculaire suivante : $m\,(2GeO_2,\,Na_2O) + n NiO + NaF$. Les proportions des oxydes GeO_2 et NiO varient d'un essai au suivant : m décroît de 5/100 à 1,5/100, tandis que n croît de 1,7/100 à 18/100.

---

(1) J.-L. ANDRIEUX et M. J. BARBIER-ANDRIEUX, *Comptes rendus*, 240, 1955, p. 2104.

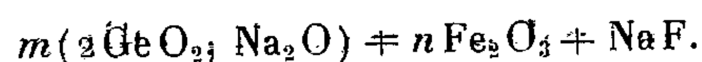
Voici la composition des alliages obtenus, représentée par le rapport atomique Ni/Ge en fonction du rapport moléculaire NiO/GeO_2 caractérisant le bain :

NiO/GeO_2 mol. bain .	0,17	0,33	0,66	1,33	2	3,3	4	6
Ni/Ge atom. alliage. . .	0,76	1,12	1,12	1,89	2,51	3,66	3,77	4,84

Les trois échantillons les moins riches en nickel ont l'aspect de lingots fondus, les autres se présentent sous forme de petits cristaux.

L'examen aux rayons X, basé sur les données des différents auteurs (2), (3), (4), permet de déceler dans les produits la présence des phases intermétalliques NiGe, Ni_2Ge ou de solutions solides de germanium dans le nickel titrant 20,3 à 25,2 %, en poids, de germanium. Mais aucun échantillon n'a une composition chimique correspondant exactement à la formule Ni_3Ge. La surstructure Ni_3Ge (4), analogue à Cu_3Au, serait d'ailleurs difficile à distinguer d'une solution solide à cause des pouvoirs diffusants très voisins du nickel et du germanium.

Dans le but d'obtenir les alliages Ge-Fe, j'ai, d'autre part, électrolysé à 1100-1150° C des bains de composition suivante :



$$m(2\,GeO_2,\ Na_2O) + n\,Fe_2O_3 + NaF.$$

Onze essais ont été effectués pour des valeurs de m décroissant de 3/60 à 0,5/60 et des valeurs correspondantes de n allant de 0,2/60 à 4/60. L'intensité était de 15 A, la tension de 1,7 à 2,2 V et la durée comprise entre 40 et 50 mn. Les résultats sont les suivants :

$1/2\,Fe_2O_3/GeO_2$ mol. bain	0,06	0,12	0,25	0,50	0,75	1	1,5	2	3	4	8
Fe/Ge atom. alliage.	0,47	0,51	1,01	1,58	1,78	1,81	1,96	2,25	3,63	9,81	16,3

Les produits sont recueillis soit sous forme de globules fondus, soit à l'état de poudre cristallisée.

Dans ces échantillons apparaissent successivement toutes les phases signalées jusqu'à présent (2), (3), (5) : $FeGe_2$, Fe_2Ge et des solutions solides de germanium dans le fer α titrant entre 7,4 et 11,5 %, en poids, de germanium.

Les clichés (rayonnement $K\alpha$ du cobalt) des alliages de compositions Fe/Ge atomiques égales à 1,96 et 2,25 comportent, à côté des raies fortes caractérisant Fe_2Ge, des raies d'intensité moyenne cadrant sensi-

(2) K. Ruttewit et G. Masing, *Z. Metallk.*, **32**, 1940, p. 56.
(3) F. Laves et H. Wallbaum, *Z. angew. Mineral.*, **4**, 1942, p. 17.
(4) H. Pfisterer et K. Schubert, *Z. Metallk.*, **41**, 1950, p. 358.
(5) H. Wallbaum, *Z. Metallk.*, **35**, 1943, p. 218.

blément, en position, avec celles du fer γ. Mais comme le domaine d'existence de la phase γ est très étroit ([6]) et situé entre 910 et 1400° C, il est probable qu'il s'agit d'une surstructure nouvelle, du type Cu_3Au, comparable à la phase Ni_3Ge du système Ni-Ge.

Enfin, l'électrolyse à 1050° C avec une intensité de 20 A sous une tension de 2 à 2,5 V, du digermanate de sodium fondu additionné d'oxyde MnO et de fluorure de sodium dans les proportions : $m(2GeO_2, Na_2O)+nMnO+NaF$ (où m décroît de 1,5/30 à 0,5/30 tandis que n croît de 1/30 à 4/30) m'a permis d'isoler une série d'alliages Ge-Mn. Les essais, poursuivis pendant 50 à 60 mn, ont donné les résultats suivants :

MnO/GeO_2 mol. bain .	0,33	0,66	1,33	2	2,66	3,33	4
Mn/Ge atom. alliage . . .	0,04	0,28	0,62	1,07	1,18	1,44	1,49

Aux rayons X, on décèle dans tous ces alliages, se présentant sous forme de petits globules fondus, le système de raies du composé Mn_5Ge_3 ([7]), juxtaposé aux raies, plus ou moins intenses, du germanium. Je n'ai pas obtenu les phases, plus riches en manganèse, dont l'existence a été signalée ([8]).

Ces exemples montrent qu'il est possible de préparer par électrolyse ignée toute une gamme de composés binaires du germanium.

CHIMIE THÉORIQUE. — *Retour sur l'effet de la liaison chimique sur la densité électronique.* Note ([*]) de Mmes **Sylvette Besnaïnou**, **Monique Roux** et M. **Raymond Daudel**, présentée par M. Louis de Broglie.

La courbe représentative de la variation de la densité électronique (obtenue théoriquement ou expérimentalement) le long de la ligne qui joint deux noyaux identiques d'une molécule présente habituellement un minimum situé vers le milieu du segment. Quand, à partir de ce point, on s'écarte perpendiculairement à la dite ligne des noyaux, on observe souvent une baisse de la densité électronique. On est donc autorisé à dire que *la liaison chimique correspond à un col de densité électronique.*

La figure 1 représente la variation de la densité électronique ρ calculée à partir de la fonction d'onde de Coulson et Duncanson ([1]) dans le cas de la molécule Li_2. Elle se rapporte à un seul quart de plan limité d'une part par la

([6]) F. Wever, *Naturwiss.*, 17, 1929, p. 304.
([7]) L. Castelliz, *Monatsh*, 84, 1953, p. 765-776.
([8]) U. Zwicker, E. Jahn et K. Schubert, *Z. Metallk.*, 40, 1949, p. 433-436.

([*]) Séance du 11 juillet 1955.
([1]) *Proc. Roy. Soc.*, A 181, 1943, p. 378.

ligne des noyaux et d'autre part par une médiatrice de cette ligne. Différentes courbes réunissent les points d'égale densité électronique, (les valeurs de ces densités sont données en millionièmes d'unité atomique.)

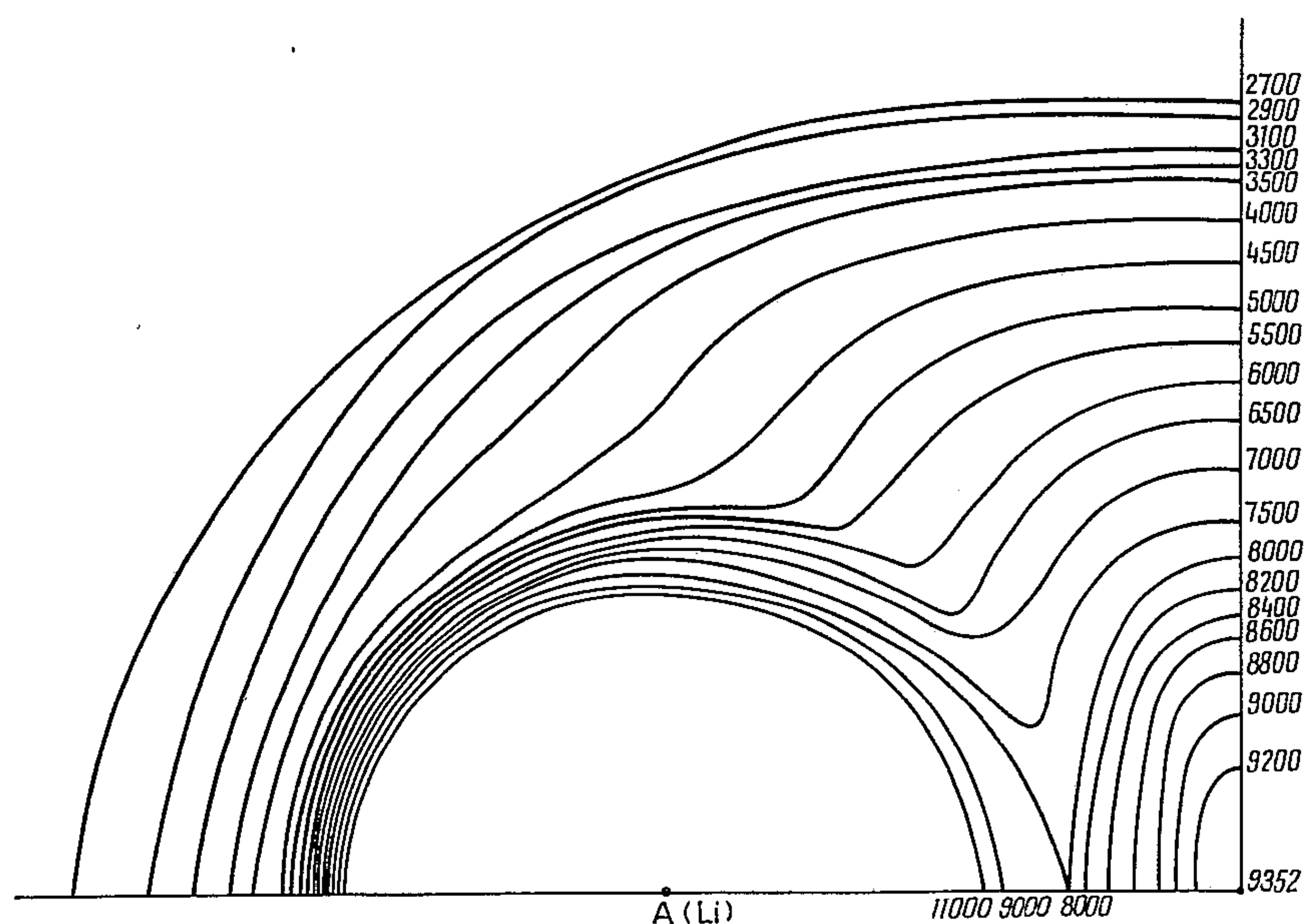


Fig. 1.

On voit qu'ici, au contraire, *à l'idée de liaison chimique s'associe un mont de densité*. Nous avons cherché à préciser l'origine de ce fait. Nous pensons qu'il est lié à ce que la liaison Li_2 est faible. Pour le montrer, nous comparerons d'abord le cas du naphtalène à celui du lithium. Le long des liaisons du naphtalène on trouve, en effet, des cols de densité. La forme de la variation de la fonction

$$\delta(M) = \rho(M) - \rho^f(M).$$

introduite antérieurement [2] le long d'une ligne de noyaux est sensiblement la même pour Li_2 et pour les liaisons CC du naphtalène. Elle présente l'aspect de la figure 2*a*. La liaison chimique se traduit donc toujours par un apport maximum d'électrons au centre du segment.

Si la liaison est forte, la courbe représentative de la fonction $\rho^f(M)$ résulte de la superposition d'atomes rapprochés et présente en son milieu une forte courbure (*fig.* 2*b*). La fonction ρ qui résulte de l'addition de ρ^f et de δ ne présente pas alors de maximum.

---

[2] M. Roux et R. Daudel, *Comptes rendus*, **241**, 1955, p. 90; (on notera qu'à la suite d'une erreur matérielle, il y a lieu de multiplier par six les valeurs données dans cette Note; mais les conclusions restent inchangées).

Si la liaison est faible, la courbe représentative de la fonction ρ^f est, au contraire, peu courbe dans sa zone centrale, et l'addition de la fonction δ fait apparaître un maximum (*fig.* 2*c*).

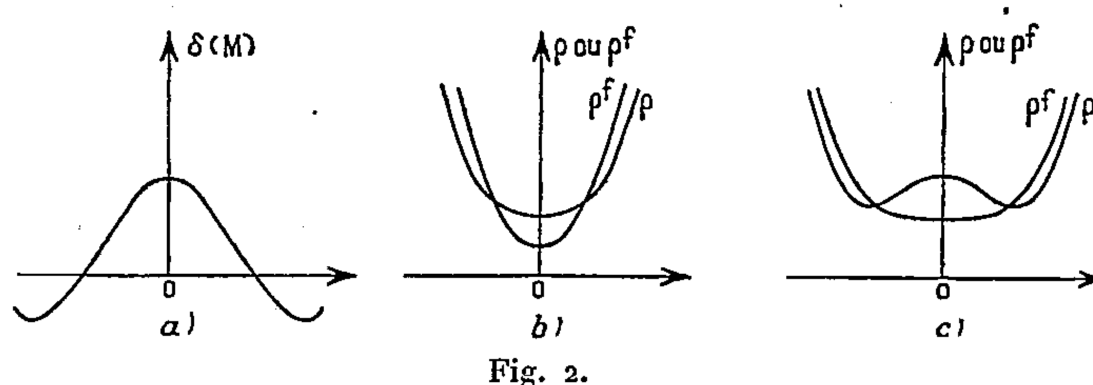


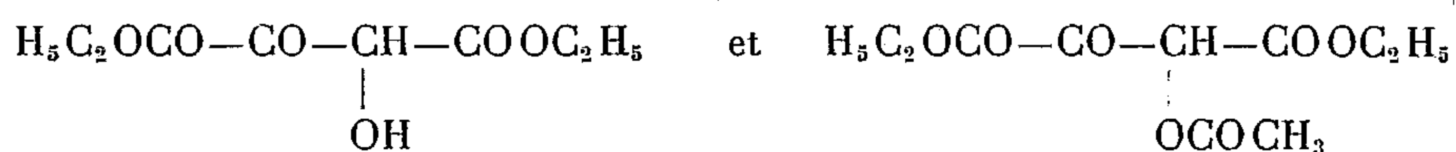
Fig. 2.

On a vérifié qu'en calculant la densité ρ pour une molécule de lithium supposée plus courte que la molécule réelle, on voit diminuer l'importance du mont de densité.

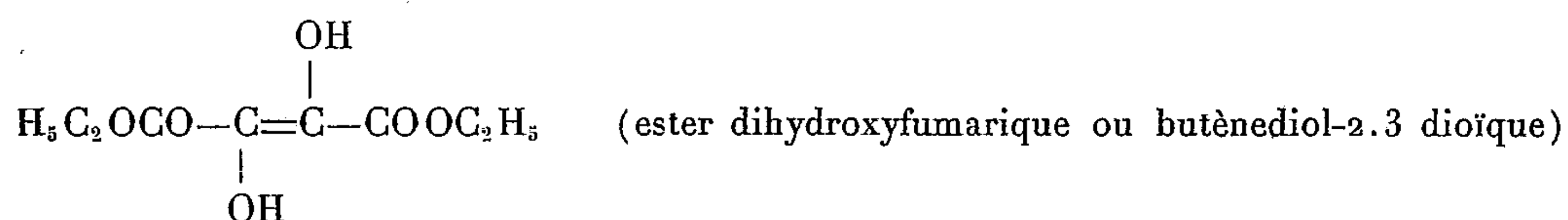
Il serait intéressant de contrôler par l'expérience les résultats théoriques annoncés ici, puisque les approximations habituelles à ces types de calcul n'en permettent pas la garantie absolue.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur une réaction d'oxydoréduction de l'ester oxalacétylglycolique (ester acétoxy-butanonedioïque) en milieu alcalin.* Note de MM. **Elias El-Kik** et **Henry Gault**, transmise par M. Marcel Delépine.

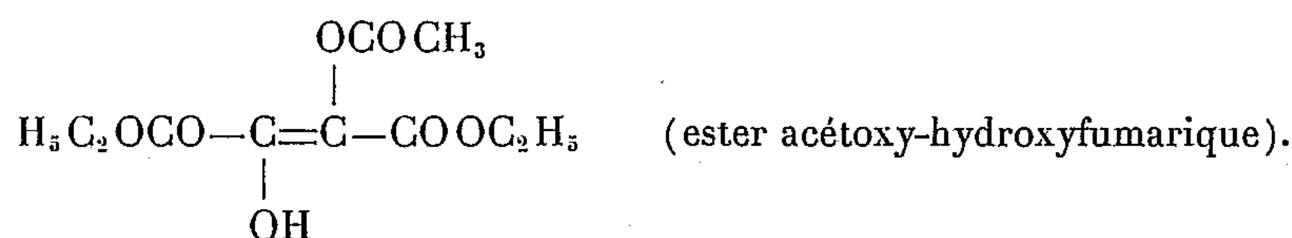
Dans deux Notes successives à l'Académie des Sciences [1], nous avons décrit un mode de préparation des esters oxalglycolique et oxalacétylglycolique sous leurs formes cétoniques :



et énoliques :



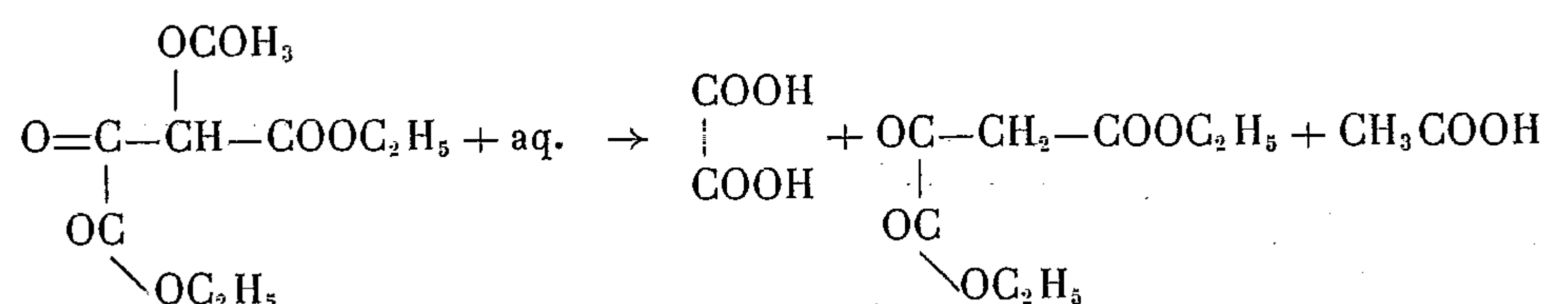
et



[1] H. Gault et E. El-Kik, *Comptes rendus*, 239, 1954, p. 816; 240, 1955, p. 536.

Nous avons pu, plus récemment, établir l'identité de l'ester dihydroxyfumarique et des esters de Fenton ([2]) par la comparaison de leurs spectres infrarouges. Quant à l'ester oxalacétylglycolique, son étude spectrophotométrique infrarouge, faite par M. Henry au laboratoirc de M. Barchewitz, nous a amenés à le considérer comme un mélange d'une forte proportion de cétoalcool et d'une petite quantité de la forme ène-diol.

D'autre part, nous avons observé que l'ester oxalacétylglycolique, *en milieu fortement alcalin,* subit, en même temps qu'une désacétylation, une réaction d'oxydoréduction génératrice d'acide oxalique et d'ester oxalacétique.



Voici le mode opératoire que nous avons suivi :

A une solution éthérée d'ester oxalacétylglycolique (F 94-95°), on ajoute une solution de carbonate de potassium à 33 % (2 mol de CO_3K_2 pour 1 mol d'ester), et l'on agite énergiquement. Il se forme, entre la couche éthérée et la couche aqueuse, un précipité blanc jaunâtre (I) que l'on essore et reprend à l'alcool anhydre bouillant. La solution alcoolique, filtrée, laisse déposer, par refroidissement, des paillettes incolores brillantes dont le point de fusion instantané est 218-220°. Leur mélange avec l'énolate de potassium de l'ester oxalacétique, préparé suivant la technique décrite par l'un de nous ([3]) et recristallisé dans l'alcool, fond au même point, ce qui établit leur identité.

Si, d'autre part, on acidifie directement par l'acide chlorhydrique le précipité (I), on recueille, après extraction à l'éther et évaporation de la solution éthérée, un liquide incolore, distillant à 132° sous 24 mm Hg, qui donne une coloration rouge avec le perchlorure de fer, et n'est plus réducteur : caractéristiques de l'ester oxalacétique.

De plus, en essayant de condenser le formaldéhyde (formol 35 %) avec l'ester oxalacétylglycolique en présence de carbonate de potassium, nous avons obtenu l'ester cétobutyrolactone-carboxylique (F 108°), produit de condensation normal, dans les mêmes conditions, du formaldéhyde avec l'*ester oxalacétique*.

Tout se passe donc comme si un certain nombre de molécules de l'ester

---

([2]) H. J. H. FENTON, *J. Chem. Soc.*, 65, 1894, p. 899; S. GOODWIN, *J. Am. Chem. Soc.*, 76, 1954, p. 5599.

([3]) H. GAULT, *Bull. Soc. Chim. Fr.*, 1946, p. 295.

oxalacétylglycolique étaient oxydées en acide oxalique, aux dépens d'autres molécules réduites en ester oxalacétique.

L'étude du mécanisme de cette réaction est en cours.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Étude cinétique de l'action de l'éthylate de sodium et de divers dérivés sodés sur des chlorures tertiaires aliphatiques-1.1 diméthylés.* Note de M. **Jean Landais**, présentée par M. Charles Dufraisse.

Les éthers chlorhydriques tertiaires $(CH_3)_2{=}C(Cl){-}(CH_2)_{n-1}CH_3$, en milieu alcoolique anhydre, donnent avec les dérivés sodés C_2H_5ONa, CH_3COONa, NaOH des réactions du premier ordre. Il semblerait que nous soyions en présence de réactions vraiment monomoléculaires dont le type sera précisé ultérieurement.

L'étude cinétique (¹) de l'action du nitrate d'argent sur la série des éthers chlorhydriques $(CH_3)_2{=}C(Cl){-}(CH_2)_{n-1}{-}CH_3$ a montré que l'ordre de la réaction évolue de 2 à 1 entre le premier et le neuvième terme et reste ensuite égal à 1 avec une vitesse indépendante de n. Nous avons cherché à voir ce que devenaient les choses lorsqu'on considère des réactions telles que celles de C_2H_5O Na, NaOH, CH_3 COONa qui ressortissent certainement à un processus réactionnel différent.

Nous avons étudié l'ordre des réactions de ces divers éthers chlorhydriques avec des dérivés sodés en fonction des facteurs température et concentration, toujours en milieu alcoolique pur. Nous avons suivi les réactions en mesurant la vitesse de minéralisation de l'halogène sans nous préoccuper jusqu'ici de la nature de la molécule organique engendrée (éther-oxyde ou carbure éthylénique).

Pour le chlorure de diméthyl décyle nous avons étudié la réaction avec l'éthylate de sodium en fonction des facteurs suivants :

1° température;

2° concentration totale;

3° concentration relative des réactifs.

1. La réaction en milieu alcoolique absolu du chlorure de diméthyldécyle et de l'éthylate de sodium, pris en quantités stoechiométriques, est du premier ordre $K_1 = 0{,}46.10^{-3}$. Le domaine des températures étudiées allait de 60 à 90°, de 5 en 5°. C'est à 65°, température que nous utiliserons toujours par la suite, que les valeurs trouvées se rapprochent le plus de celles de l'ordre 1.

2. Les réactifs, chlorures de diméthyl-décyle et éthylate de sodium,

(¹) C. Prévost et Mlle É. Singer, *Bull. Soc. Chim.*, 5e série, 17, 1950, p. 1068.

étaient encore pris en quantités équimoléculaires (1/1000e de mol). Les concentrations de chacun d'eux étaient N, N/2, N/4, N/6, N/10 et la température 65°. Les courbes donnant la quantité de chlore minéralisé en fonction du temps sont sensiblement identiques pour toutes les concentrations et correspondent à $K_1 = 0{,}46 . 10^{-3}$.

3. En laissant les quantités de chlorure de diméthyl-décyle (1/1000e de mol), constantes pour chacun des essais, nous avons fait varier les quantités d'éthylate de sodium de 1/1000e à 15/1000e de mol. La réaction reste du premier ordre par rapport au chlorure, mais les vitesses augmentent légèrement.

Nous avons repris l'étude précédente avec la soude, l'acétate de sodium et le phénate de sodium.

La réaction à 65° du chlorure de diméthyl-décyle avec la soude alcoolique, en quantités stoechiométriques, en milieu alcoolique absolu et à la concentration N, est du premier ordre $K_1 = 0{,}59 . 10^{-3}$.

En conservant la même quantité de chlorure de diméthyle-décyle (1/1000e de mol) nous avons augmenté les quantités de soude alcoolique jusqu'à 16/1000e de mol. Comme pour l'éthylate de sodium, la vitesse augmente un peu jusqu'à atteindre un plafond vers 8/1000e de mol. La réaction reste du premier ordre par rapport au chlorure.

Avec l'acétate de sodium à 65°, la réaction est encore du premier ordre. La vitesse de celle-ci est un peu plus grande que pour la soude et l'éthylate de sodium. Cet accroissement de vitesse doit être dû à la petite quantité d'eau (1/10e) que nous avons dû ajouter pour permettre la dissolution de l'acétate de sodium.

Avec le phénate de sodium les résultats sont encore très sensiblement les mêmes.

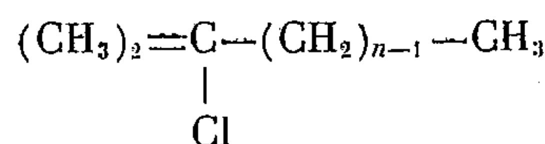
Nous avons poursuivi notre étude par celles des chlorures homologues : chlorures de diméthyl-heptyle, pentyle, butyle, propyle et chlorure de tertiobutyle. Les conditions étaient les mêmes que pour l'étude du chlorure de diméthyl-décyle, soit : température, 65° ; solvant : alcool absolu ; réactif : éthylate de sodium. Pour des quantités stoechiométriques de chacun des réactifs les réactions sont du premier ordre, les constantes sont du même ordre de grandeur que celles obtenues avec le chlorure de diméthyl-décyle :

	K_1.
Chlorure de diméthyl-heptyle	$0{,}60 . 10^{-3}$
» » pentyle	$0{,}68 . 10^{-3}$
» » butyle	$0{,}65 . 10^{-3}$

Par contre, nous avons rencontré dans l'étude du chlorure de tertiobutyle des résultats non reproductibles. Nous avons envisagé toutes les

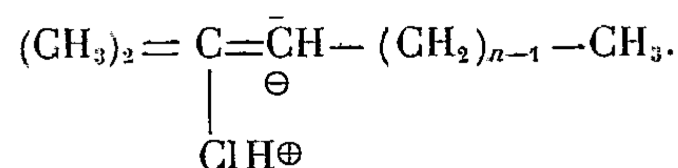
causes d'erreurs expérimentales auxquelles on pourrait logiquement attribuer les anomalies sans avoir réussi ni à les déceler ni à les éviter.

En conclusion, en dépit de l'anomalie assez étrange constatée pour $n = 1$ et $n = 2$, il semble que les réactions des dérivés sodés avec les éthers chlorhydriques



soient réellement du premier ordre dans le temps et en fonction de la concentration initiale. Il semblerait donc que nous soyions en présence de réactions vraiment monomoléculaires.

Ceci s'expliquerait bien dans l'hypothèse de la formation d'un carbure éthylénique par destruction d'un pseudomère éventuel

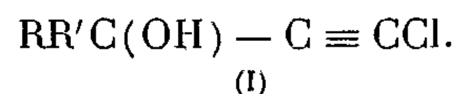


La formation de ce pseudomère, considérée comme phase lente, en présence d'une quantité suffisante de réactif antagoniste, imposerait l'ordre 1 (transposition intramoléculaire) et l'indépendance pratique de la vitesse vis-à-vis de l'anion qui apporte le métal. Nous nous proposons d'entreprendre l'étude chimique qui confirmerait cette hypothèse.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur une nouvelle préparation d'acides éthyléniques à partir de carbinols β.β-dichlorovinyliques*. Note de MM. **Marc Julia** et **Jean-Marie Surzur**, présentée par M. Charles Dufraisse.

L'action des alcalis sur les éthers tétrahydropyrannylés des carbinols β.β-dichlorovinyliques conduit, d'une façon générale, à des acides éthyléniques.

Dans une précédente Note [1], nous avons montré que la potasse méthanolique transformait les carbinols acétyléniques ω-chlorés (I), dont le groupe OH est protégé sous forme d'éther α-tétrahydropyrannylé, en acides éthyléniques

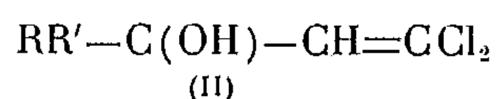


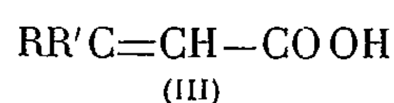
Nous avons pu étendre cette réaction aux carbinols acétyléniques dérivés de l'acétophénone et de la méthylisobutylcétone qui ont donné respectivement l'acide β-méthylcinnamique F 96° (litt. : F 98°,5) et un mélange d'acides

[1] M. Julia et J. M. Surzur, *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 1130.

diméthyl-3.5 hexénoïques α et β. Ce mélange a été hydrogéné en acide saturé identifié par son sel de S-benzylthiouronium (F 142°) avec un acide préparé par la réaction de Reformatski au bromacétate d'éthyle sur la méthylisobutylcétone puis hydrogénation. Les rendements ont pu être améliorés jusqu'à 60-70 % comptés sur les carbinols (I).

L'un de nous ([2]) en collaboration avec Sir Ian Heilbron et E. R. H. Jones avait préparé autrefois des carbinols dichlorovinyliques (II) : la méthyl β.β-dichlorovinylcétone était obtenue par condensation du chlorure d'acétyle sur le chlorure de vinylidène et l'action des magnésiens sur cette cétone conduisait aux carbinols (II).





Malheureusement, le traitement par un acide minéral dilué, qui transforme les monochlorovinylcarbinols en aldéhydes ([3]), ([4]), n'avait pas transformé les dichlorovinylcarbinols (II) en acides (III) ([2]). Nous avons repris l'étude des carbinols (II) en considérant que par action d'une molécule d'alcali, ils pourraient être transformés en carbinols acétyléniques ω-chlorés (I), ce qui nous ramènerait au problème précédent. L'expérience a vérifié ces prévisions.

Les carbinols (II) ont donné facilement des éthers de tétrahydropyrannyle qui ont été transformés par un excès de potasse méthanolique en acides éthyléniques (III). La double liaison est fixée en α du carboxyle si R a un noyau aromatique ou une triple liaison. Dans le cas où R est un radical saturé, on a l'équilibre classique entre acides α et β éthyléniques.

R.	$R—C(CH_3)(OH)—CH=CCl_2$.	Éther tétrahydropyrannylé.	$R—C(CH_3)=CH—COOH$.
CH_3	52 %	83 %	45 %
	$É_{15}$ 69-72°	$É_{14}$ 126°	F 69°
	n_D^{24} 1,4815	n_D^{21} 1,4815	(Litt. : F 69-70°)
C_2H_5	75 %	88 %	42 %
	$É_{18}$ 82-85°	$É_{15}$ 140-141°	$É_{20}$ 110-114°
	n_D^{23} 1,4825	n_D^{18} 1,4832	n_D^{21} 1,455
C_6H_5	86 %	65 %	41 %
	$É_{0,5}$ 84°	$É_{0,1}$ 108-112°	F 97-98°
	n_D^{20} 1,5660		(Litt. : F 98°,5)
C_5H_{11}—C≡C—	93 %	88 %	40 %
	$É_{0,5}$ 94°	$É_{0,3}$ 132-134°	F 49°
	n_D^{21} 1,4898	n_D^{22} 1,4885	(Éther de pétrole)

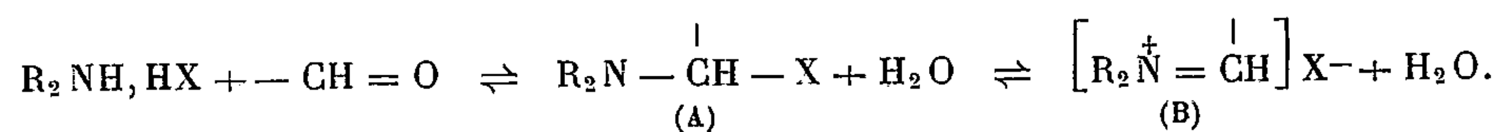
([2]) *J. Chem. Soc.*, 1949, p. 1430.
([3]) Jones et Weedon, *J. Chem. Soc.*, 1946, p. 937.
([4]) Marc Julia, *Ann. Chim.*, (12), 5, 1950, p. 595.

L'acide (III), avec le reste acétylénique $R = nC_5H_{11} - C \equiv C -$, a été hydrogéné en acide méthyl-3 décanoïque, $É_{14}$ 154-156°; n_D^{23} 1,4360; ester de *p*-bromophénacyle, F 39°. La littérature ([5]) indique pour cet acide $É_{15}$ 156°; n_D^{21} 1,4361; ester de *p*-bromophénacyle, F 38,5-39°.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Aminoalcoylation des cétones par des α-cyano-alcoylamines*. Note (*) de Mlle **Henriette Larramona**, transmise par M. Léon Binet.

L'aminoalcoylation des cétones par des α-cyanoalcoylamines qui ne s'effectue qu'en présence de sels de métaux lourds (Ag ou Hg) semble indiquer que l'amino-alcoylation, par ces réactifs, ne se fait pas par un mécanisme S_N2. Nos résultats ne nous permettent pas de choisir entre le mécanisme impliquant une ionisation préalable du réactif et le mécanisme concerté (push-pull).

Le réactif préconisé par Mannich pour aminoalcoyler des composés ayant un hydrogène mobile est un mélange d'aldéhyde et de sel d'amine. On sait que ce réactif donne lieu aux équilibres suivants ([1]) :



$$R_2NH,HX + -CH=O \rightleftharpoons \underset{(A)}{R_2N - \overset{|}{C}H - X} + H_2O \rightleftharpoons \underset{(B)}{\left[R_2\overset{+}{N} = \overset{|}{C}H\right]} X^- + H_2O.$$

Dans ces conditions, la molécule qui est le siège de l'aminoalcoylation est en présence des composés suivants : les constituants, le pseudo-sel (A), et l'imine du type ammonium quaternaire (B). Il existe actuellement des preuves qui montrent que le réactif au moment même de la réaction d'aminoalcoylation est constitué par un composé d'addition de l'aldéhyde et de l'amine ([2]), ([3]), ([4]). On sait également d'après les travaux consacrés aux composés du type (A) ou (B) que lorsque X est un halogène l'équilibre pseudo-sel-sel est fortement déplacé vers la droite, c'est-à-dire que ces composés se trouvent surtout sous la forme (B) ([5]). Par conséquent, dans une réaction d'aminoalcoylation effectuée dans les conditions décrites par Mannich, il y a prédominance de la forme (B). Cependant, bien que par ailleurs le composé (B) soit plus polaire et partant, plus actif que le composé (A), aucune étude n'a permis jusqu'à présent, de

---

([5]) Linstead, Lunt, Weedon et Shephard, *J. Chem. Soc.*, 1952, p. 3622.

(*) Séance du 11 juillet 1955.

([1]) C. K. Ingold, *Structure and Mechanism in Organic Chemistry*, Bell, Londres, 1953, p. 581.

([2]) E. R. Alexander et E. S. Underhill, *J. Amer. Chem. Soc.*, 71, 1949, p. 4014.

([3]) M. J. S. Dewar, *The Electronic Theory of Organic Chemistry*, *Oxford University Press*, Oxford, 1949, p. 138.

([4]) S. V. Lieberman et E. G. Wagner, *J. Org. Chem.*, 14, 1949, p. 1001.

([5]) A. Hantzsch et M. Kalb, *Ber. der deutsch. Chem. gesel.*, 32, 1899, p. 3109.

déterminer avec rigueur si le stade d'aminoalcoylation proprement dit se fait par un mécanisme S_N2 [forme agissante (A)] ou bien par un mécanisme unimoléculaire [forme agissante (B)].

Nous avons pensé que la réaction d'aminoalcoylation effectuée avec des aminonitriles serait susceptible d'apporter une contribution à l'étude du mécanisme de cette réaction. En effet, pour les α-cyanoalcoylamines contrairement aux α-haloalcoylamines l'équilibre pseudo-sel-sel est déplacé vers la gauche ([5]). Ainsi dans la réaction d'aminoalcoylation effectuée par ces réactifs, il y aura un très grand excès de la forme (A) par rapport à la forme (B). Nous avons constaté que les α-cyanoalcoylamines mises en présence de composés carbonylés n'ont pas donné, dans différentes conditions expérimentales, la réaction d'aminoalcoylation. Par contre, cette réaction a lieu si on opère en présence de sels de métaux lourds (carbonate d'argent ou carbonate de mercure) ([6]).

Nous avons attribué ce résultat au rôle ionisant des ions Ag^+ et Hg^+. On sait, en effet, que ces ions sont des « inducteurs d'ionisation » de la liaison C—X et C—CN ([7]), ([8]), ([9]). Par conséquent, il semblerait que l'entité active lors d'une réaction d'aminoalcoylation par les α-cyanoalcoylamines, est un composé sinon complètement ionisé (B) du moins très polarisé (C).

$$\left[R_2\overset{+}{N}{=}\overset{|}{C}H\right]CN^- \quad (B), \qquad \overbrace{R_2N{=}\overset{|}{C}H}^{\delta+}{-}CN{-}\overset{\delta+}{Me} \quad (C) \quad (Me{=}Ag, Hg).$$

En d'autres termes, le fait que cette réaction n'a pas lieu en absence d'ions Ag^+ et Hg^+ indique que l'aminoalcoylation par les α-cyanoalcoylamines ne se fait pas par un mécanisme S_N2. Il n'est pas exclu, cependant, que d'autres réactifs soient susceptibles de donner la réaction d'aminoalcoylation par ce mécanisme. Par ailleurs, nos résultats semblent indiquer qu'un des mécanismes possibles de l'aminoalcoylation est le mécanisme du type unimoléculaire, impliquant l'ionisation préalable du réactif. Cependant, le mécanisme concerté (push-pull) ([10]) n'est pas improbable. Afin d'apporter des arguments en faveur de l'un ou de l'autre de ces mécanismes, nous nous proposons d'effectuer la réaction d'aminoalcoylation avec des aminonitriles optiquement actifs.

Partie expérimentale. — Tous les essais d'aminoalcoylation de la propiophénone et de la désoxybenzoïne par le diéthylaminoacétonitrile ou son chlorhydrate en milieu alcoo-

---

([6]) Certaines β-aminocétones se sont désaminées au sein du milieu réactionnel. Dans certains cas la cétone éthylénique ainsi obtenue s'est dimérisée.

([7]) G. Senter, *J. Chem. Soc.*, 97, 1910, p. 346; 99, 1911, p. 1049.

([8]) E. D. Hughes, C. K. Ingold et S. Mastermann, *J. Chem. Soc.*, 1937, p. 1236.

([9]) B. Tchoubar, *Comptes rendus*, 235, 1952, p. 720.

([10]) C. G. Swain, *J. Amer. Chem. Soc.*, 72, 1950, p. 4578; 73, 1951, p. 2813.

lique anhydre ou hydraté ont échoué. Pour toutes ces expériences, le mélange de produits a été chauffé à reflux pendant 36 h.

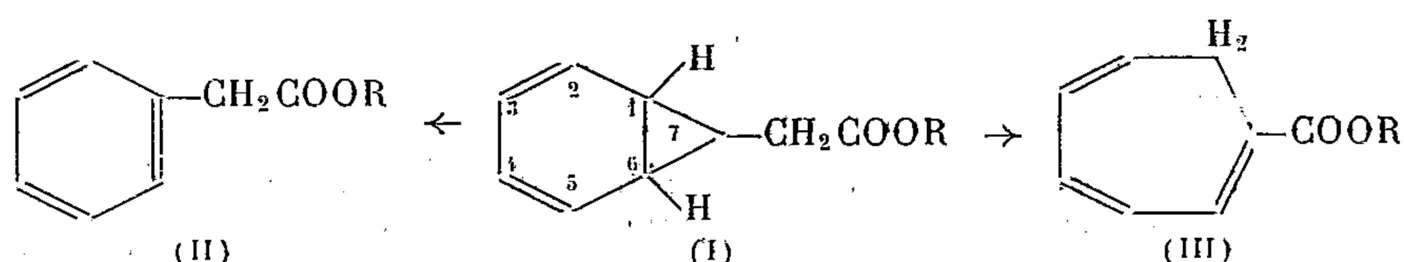
La diéthylamino-3 phényl-1 méthyl-2 propanone ([1]) (chlorhydrate F 134° bloc) a été obtenue avec un rendement de 20 % en chauffant pendant 36 h dans l'alcool à 99 % une molécule de propiophénone, une molécule de diéthylaminoacétonitrile et une molécule de carbonate d'argent. (I) est obtenu avec un rendement de 60 % lorsqu'on effectue cette même réaction avec le carbonate de mercure.

Cette même réaction effectuée avec le diéthylaminoacétonitrile et la desoxybenzoïne conduit à 10 % de phénylacrylophénone ([6]) qui se dimérise au sein du milieu réactionnel-dimère F 110° ([11]). L'aminoalcoylation ne se fait pas en opérant en présence de traces de carbonate d'argent. Ces résultats indiquent que les sels de mercure conviennent mieux que les sels d'argent à cette nouvelle méthode d'aminoalcoylation.

CHIMIE ORGANIQUE. — *A propos de l'action du diazoacétate d'éthyle sur le phénol.* Note (*) de M. **Evanguélos Baltazzi**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

Étude de la structure du produit résultant de l'action du diazoacétate d'éthyle sur le phénol. Il est établi qu'il se forme surtout du phénoxyacétate d'éthyle. Hydrazide et phénylhydrazide correspondants. Ce dernier n'est pas identique au produit de l'action de la phénylhydrazine sur le phénoxycétène, considéré par certains auteurs comme le phénylhydrazide de l'acide phénoxyacétique.

Par action du diazoacétate d'éthyle sur le phénol ainsi que sur divers éthers phénoliques mono et polysubstitués, Séarle a obtenu des dérivés du norcaradiène ([1]). On sait, en effet, que l'ester diazoacétique réagit avec le noyau aromatique conduisant ainsi aux esters de l'acide norcaradiène-carboxylique (I). Le noyau cyclopropanique peut, dans certaines conditions, disparaître en donnant naissance à deux nouveaux isomères (II), (III), ([2]) :



En opérant en présence de poudre de cuivre comme catalyseur, l'auteur américain obtint à partir du phénol un liquide, $É_{0,4-0,5}$ 77-82°, n_D^{25} 1,5019, auquel il assigna la structure du 3-hydroxybicyclo-[4.1.0]-2.4-heptadiène-7-carboxylate d'éthyle. Ce composé, étant donné le caractère non saturé du

([11]) Dimère décrit par J. Matti et P. Reynaud, *Bull. Soc. Chim.*, 1954, p. 603.

(*) Séance du 11 juillet 1955.

([1]) Searle, Brevet U. S. n° 2.532.575, *Chem. Abstr.*, 45, 1951, p. 3873.

([2]) Buchner et coll., *Ber. der deutsch. Chem. Gesel.*, 31, 1898, p. 402; 2243; ibid., 36, 1903, p. 3516.

norcaradiène, devrait avoir un hydroxyle énolique facilement identifiable. Or, dans les mêmes conditions opératoires et après fractionnements répétés, j'ai obtenu comme produit principal, un liquide $\acute{E}_{0,02}$ 77-78°, n_D^{24} 1,5091 (pour $C_{10}H_{12}O_3$, calculé %, C 66,7; H 6,7; trouvé %, C 66,5; H 6,7) dont le comportement chimique et spectral ne correspondait pas à la structure d'un dérivé hydroxylé du norcaradiène. Plusieurs essais dans diverses conditions m'ont donné les mêmes résultats. Son spectre infrarouge ne possède pas de bandes correspondant à un —OH mais, par contre, des bandes correspondant à un ester non conjugué (5,72 μ), à un éther phénolique (8,38 et 9,69 μ) et à un noyau benzénique monosubstitué (13,23 μ); il est identique à celui du phénoxyacétate d'éthyle préparé par la méthode de Fusco et Mazzucchi ([3]).

Par action de l'hydrate d'hydrazine à 98 % il y a, même à froid, formation d'un hydrazide N° 3533 CT. qui est le même que celui que l'on obtient à partir de ce dernier ester. F 112-113° (primes brillants; eau-éthanol ou éthanol-éther. Pour $C_8H_{10}O_2N_2$, calculé %, C 57,8; H 6,0; N 16,9; trouvé %, C 57,6; H 5,9; N 16,9; spectre infrarouge, bandes : —$CONHNH_2$, 3,42 et 6,06 μ; éther phénolique 8,09 et 9,64 μ; noyau benzénique monosubstitué 13,47 μ). Benzylidène-hydrazone obtenue dans l'acide acétique à 50 % à froid; F 155° (longues aiguilles soyeuses; éthanol; pour $C_{15}H_{14}O_2N_2$, calculé %, C 71,0; H 5,5; N 11,0; trouvé %, C 71,3; H 5,5; N 11,0). Le phénylhydrazide préparé par la méthode de Jones, Halters et Myers ([4]) est, aussi, identique à celui que l'on obtient à partir du phénoxyacétate d'éthyle. F 180-181° (longues aiguilles incolores; benzène. Pour $C_{14}H_{14}O_2N_2$, calculé %, C 69,4; H 5,8; N 11,6; trouvé %, C 69,5; H 5,8; N 11,5). Par conséquent il est clair que le diazoacétate d'éthyle agit en l'occurence surtout comme agent alcoylant (*cf.* diazométhane). Il est vrai que si le fractionnement du produit de la réaction n'est pas soigneusement répété, on obtient un liquide qui donne un test de Baeyer positif; cependant, si l'on élimine les produits de tête, ou si l'on prépare directement des dérivés solides on se rend compte qu'il s'agit du phénoxyacétate d'éthyle. L'anisole, par contre, donne dans les mêmes conditions le 3-méthoxybicyclo-[4.1.0]-2.4-heptadiène-7-carboxylate d'éthyle décrit par Searle. A côté de ce dernier, j'ai obtenu, en petites quantités, un liquide $\acute{E}_{0,07}$ 67° fixe, n_D^{24} 1,4635, (pour $C_{11}H_{14}O_3$, calculé %, C 68,0; H 7,2; trouvé %, C 67,7; H 7,2) dont le spectre infrarouge présente les bandes caractéristiques d'un ester conjugué (5,81, 7,69 et 8,64 μ) et lequel, de ce fait, serait probablement le cycloheptatriène isomère.

Les hydrazones dérivées de l'hydrazide phénoxyacétique sont faciles à préparer, cristallisent très bien, et fondent nettement, de sorte que ce réactif

---

([3]) *Gaz. Chim. Ital.*, 71, 1941, p. 411.

([4]) *J. Amer. Chem. Soc.*, 75, 1953, p. 6055.

pourrait être employé pour la caractérisation des aldéhydes et des cétones. Il en sera question dans une prochaine publication.

Hill et ses collaborateurs ([5]) ont obtenu, par action de la phénylhydrazine sur le cétène phénoxyacétique, un composé $C_{14}H_{14}O_2N_2$, F 97-98°, qu'ils ont considéré comme le phénylhydrazide de l'acide phénoxyacétique. De ce qui vient d'être exposé plus haut, il ne semble pas que cette structure soit probable étant donné le que composé obtenu directement à partir de l'ester phénoxyacétique et de la phénylhydrazine possède des caractéristiques très différentes. La structure du produit d'addition de la phénylhydrazine sur le phénoxycétène est à l'étude.

L'activité bactériostatique et tuberculostatique de l'hydrazide phénoxyacétique est négligeable.

GÉOLOGIE. — *Les « terrasses fluviales » des rivières des Alpes-Maritimes.* Note (*) de M. **Jacques Bourcart**, présentée par M. Pierre Pruvost.

Les travaux que Ch. Depéret a consacrés au littoral des Alpes-Maritimes restent à la base d'une théorie générale de l'évolution des continents au cours du Quaternaire. Bien qu'il subsiste fort peu de choses de ses propres observations à Nice, ou de celles du Général de Lamotte en Algérie, invoquées à l'appui de cette doctrine, celle-ci est encore acceptée par la presque totalité des géologues et morphologistes, par suite, semble-t-il, de sa commodité : aux étapes successives : 90-100, 55-60, 25-30 et 10-15 m de la régression progressive du niveau de la mer, correspondraient des paliers ou « terrasses » de même hauteur au-dessus de l'étiage, dans le creusement progressif des vallées.

Mais justement les rivières de la côte niçoise ne présentent jamais de terrasses. Depéret a donc cherché dans la vallée du Rhône qui, fâcheusement, ne présente aucun niveau marin, les corrélations entre plages et terrasses.

Les recherches que j'ai faites dans la vallée du Var semblent éclairer le problème. Il n'existe, dans cette vallée, d'alluvions anciennes, certainement fluviatiles, que dans le bief Ouest-Est entre Entrevaux et les gorges de la Mescla ou en amont du confluent de l'Estéron. Très fortement cimentées, elles sont recouvertes, dans la région de Villars-du-Var, par des coulées boueuses analogues à celles d'origine glaciaire, qui constituent les soi-disant terrasses de la vallée inférieure du fleuve ([1]). Les autres

---

([5]) *Ibid.*, **72**, 1950, p. 2286.

(*) Séance du 4 juillet 1955.

([1]) *Comptes rendus*, **241**, 1955, p. 227.

accumulations quaternaires du bord de la vallée sont des coulées de limons rouges.

Dans la théorie classique, les accumulations de dépôts fluviatiles, isolées ensuite au cours d'un stade de creusement (terrasses), correspondent à une *transgression* (due, pour les auteurs modernes, à une fonte des glaciers). La cause serait une « remontée du niveau de base marin » correspondant exactement à la hauteur de la terrasse au-dessus de l'étiage.

L'expérience des barrages hydrauliques nous a appris que ce type de remblaiement « eustatique » provient de la remontée progressive dans la vallée du sommet du delta qui se forme dans la retenue. Cette remontée est lente et les dépôts sont, en général, très fins.

J. Tricart s'est élevé contre la généralisation de ce mécanisme à toutes les terrasses. Il a montré que le remblaiement du lit, qui après donnera lieu à la formation de « terrasses », provient le plus souvent d'un *excès d'alimentation* de la rivière en matériaux meubles. Une partie lui est apportée par ses affluents, l'autre partie descend directement des berges. Cet afflux de matériaux à certaines époques proviendrait, pour lui, essentiellement du gel des roches aux époques froides du Quaternaire.

J'ai mis en évidence ([2]) les traces de deux époques froides dans les Alpes-Maritimes, mais l'une est au début des écoulements boueux glaciaires, l'autre juste à la fin.

Il semble que ce soit beaucoup plutôt à la *rapide* fusion des glaciers alpins que sont dus les énormes écoulements boueux qui encombrent la vallée. Ces brusques invasions se sont arrêtées à un coude ou à un verrou de la vallée. Mais leur front a laissé filtrer des coulées plus fines qui s'étendent vers l'aval, parfois jusque dans la mer.

Les périodes de stabilité climatique sont, au contraire, marquées par une *profonde altération pédologique* des dépôts; les eaux d'infiltration des pluies les décalcifient, puis les rendent rouges par oxydation. Au contact de la partie altérée, ou transportée et de leur substratum, les coulées de boues jaunes, le calcaire dissous s'est accumulé en formant une *croûte*. Quand les limons rouges recouvrent des sables de plages fossiles, ils sont tous les deux extraordinairement cimentés. Des altérations de même type se font à la surface des argiles qui sont transformées alors en sables (faux-astien de F. Ottmann).

Les limons rouges, lorsqu'ils sont ainsi modifiés, sont entraînés dans les vallées, ou subsistent isolés en témoins d'un ancien paysage. Dans la vallée du Var, les grandes accumulations qui semblent donner des terrasses dateraient donc d'une crise glaciaire (antérieure selon moi à la dernière glaciation).

([2]) *Comptes rendus*, 241, 1955, p. 79.

Ce sont les époques interglaciaires qui correspondent à un minimum de transport des alluvions et à la reprise du creusement.

Cette opinion rejoint une ancienne idée de Depéret qui liait les terrasses du Rhône aux moraines frontales des glaciers successifs, idée abandonnée dans la suite pour des raisons théoriques par ses disciples.

MÉTÉOROLOGIE. — *Altimétrie des nuages.* Note de MM. **Robert Bureau** et **Henri Jardy**, présentée par M. Pierre Lejay.

Altimétrie par impulsions lumineuses. « L'écho » lumineux agit sur le spot d'un oscilloscope par l'intermédiaire d'une cellule photoélectrique et d'amplificateurs. L'image obtenue est photographiée sur un film en déroulement continu, ce qui matérialise le profil des nuages passés au zénith et produit une apparence de relief, par emboîtement des oscillogrammes successifs.

La première installation employant des impulsions lumineuses pour la mesure de la hauteur des nuages date de 1939. Elle fonctionnait au Laboratoire National de Radioélectricité à Bagneux. Elle dut être détruite en juin 1940. Le travail ne put être repris qu'après la Libération.

La description et les résultats de cette première installation n'ont été publiés qu'en 1946 ([1]).

Rappelons que l'appareil comporte un arc électrique émetteur d'impulsions lumineuses dirigées vers le zénith, et un récepteur cathodique des échos produits par les nuages. La durée de l'impulsion est d'environ 4 μs.

La mesure peut se faire, impulsion par impulsion, soit par examen visuel, soit par photographie, de l'oscillogramme d'une seule impulsion (*fig.* 1). La distance séparant l'écho de l'origine donne la hauteur de la base du nuage : $h = 1/2\ Vt$ (V, vitesse de la lumière; t, durée totale du trajet du signal lumineux). Les petits tops marqués sur la figure donnent l'échelle des hauteurs. La durée de l'écho dépend du nuage lui-même et de la durée du signal.

Au lieu d'une seule impulsion on peut avantageusement, comme l'a proposé l'un de nous (H. J.), grouper les réponses successives d'impulsions déclenchées toutes les 3 s, pendant une durée de quelques minutes en les photographiant sur un même film se déroulant lentement. Pour les figures 2 et 3 qui sont des exemples de ce que l'on peut obtenir, il a paru plus suggestif d'adopter des coordonnées obliques. La partie inférieure du profil des couches nuageuses passées au zénith est matérialisée par la courbe passant par les débuts des réponses. La courbe passant par les

---

([1]) R. Bureau, *La Météorologie*, n° 3, juillet-septembre 1946 et R. Barthélémy, *Comptes rendus*, 222, 1946, p. 450.

fins des réponses ne représente la partie supérieure de la couche que si le signal a percé le nuage, elle pourrait donner l'altitude des sommets de nuages, sous réserve d'une correction variable d'un cas à l'autre. Signalons également un effet « stéréoscopique » ou de perspective « cavalière » produit par cette méthode d'enregistrement et accentué par un examen longitudinal des photos.

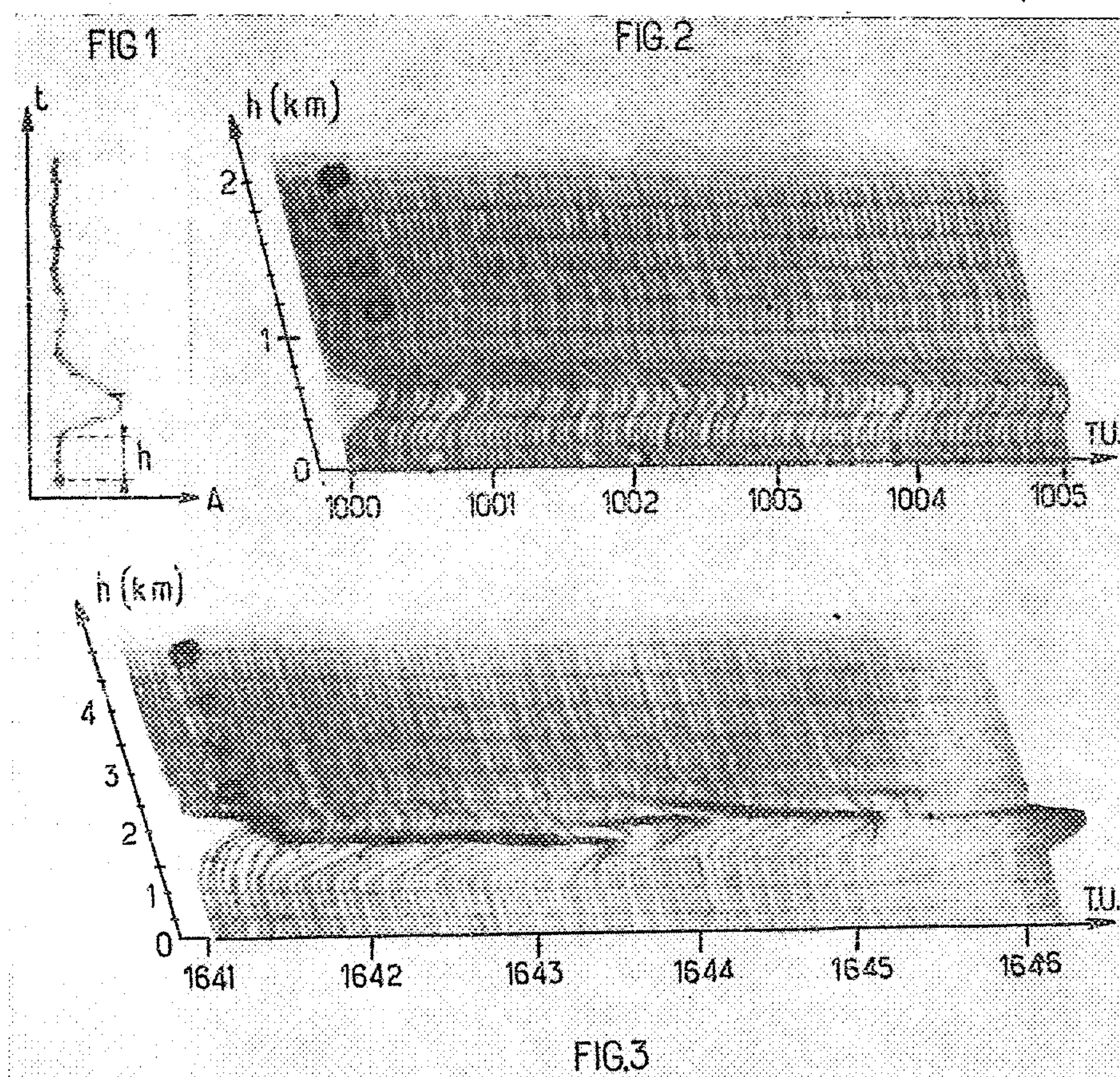


FIG.3

Les petits tops inscrits dans le tracé du balayage de l'oscilloscope forment des lignes parallèles au sens de déroulement, ce qui facilite l'évaluation des hauteurs, les échos correspondent aux déviations perpendiculaires au tracé de balayage, enfin l'heure du sondage est notée en sens inverse de la progression du film, c'est-à-dire horizontalement de gauche à droite. L'exploration verticale est de 1, 2, 5 ou 15 km; l'échelle est choisie selon les besoins.

Voici deux exemples obtenus par cette méthode :

Le premier (*fig.* 2) (échelle 2 km), correspond à une stratification à faible hauteur : stratus bas, d'altitude constante (300 m).

Le second (*fig.* 3) (échelle 5 km), présente des cumulifications causées par des turbulences passagères alternant avec des hauteurs stables d'une durée de 1 à 2 mn : stratocumulus, altocumulus (1200 à 2 000 m).

GÉNÉTIQUE. — *Action des rayons* γ *sur* Crepis Zacintha *L. Babc. : Influence de l'intensité d'irradiation sur le taux de léthalité cellulaire.* Note de M. **André Bilquez**, présentée par M. Raoul Combes.

Crepis Zacintha L. Babc., petite herbe annuelle de la famille des Composées, constitue un matériel particulièrement favorable pour l'étude des effets cytologiques et génétiques produits par les radiations ionisantes chez les végétaux supérieurs : l'espèce est bien caractérisée, isolée des autres espèces du même genre par des barrières de stérilité très rigoureuses; les plantes sont autofertiles ce qui permet d'obtenir facilement, de façon expérimentale, des lignées pures; la garniture chromosomique est formée de trois paires seulement de chromosomes, nettement différenciées l'une de l'autre; la réactivité vis-à-vis des radiations ionisantes s'étale sur une très longue échelle car les seuils de sensibilité et de léthalité vis-à-vis des radiations sont quantitativement très éloignés l'un de l'autre. Cette dernière caractéristique offre un grand avantage : permettre de séparer les effets de certains facteurs qui sont masqués, parce que confondus, lorsqu'on utilise comme matériel d'étude un matériel dont la troisième sensibilité se situe dans des limites trop étroites.

La plupart des auteurs admettent que lorsqu'on irradie un organisme en vue d'induire des mutations, le taux des mutations produites est indépendant de l'intensité d'irradiation utilisée au cours du traitement. Il en résulte qu'on néglige le facteur intensité au cours des travaux de production expérimentale de mutations. Il ne suffit pourtant pas, du point de vue pratique, de considérer seulement le taux de mutations induites. Encore faut-il que l'organisme que l'on irradie puisse être à la fois viable et fertile pour donner une descendance.

Des graines de *Crepis Zacintha* L. Babc., ayant même génotype et même âge ont été soumises à l'action de rayons γ émis par une source de cobalt 60.

Les traitements furent faits en utilisant différentes intensités d'irradiation. Les graines utilisées avaient au moment du traitement une teneur en eau de 8 %. Après irradiation, les graines ont été mises à germer à température contrôlée, à 21°, sur papier filtre humide, soit immédiatement après le traitement, soit après un temps de conservation de 15 mois.

Les racines formées ont été prélevées au stade correspondant à la première division de germination, fixées à l'alcool acétique et étudiées cyto-

logiquement après coloration à l'orcéine. L'étude cytologique a consisté dans l'évaluation, pour chaque lot de graines irradiées, du taux des cellules montrant des brisures chromosomiques ou des échanges asymétriques entre chromosomes, phénomènes considérés comme devant être léthaux pour les cellules qui les manifestent.

Les résultats obtenus ont été les suivants :

Intensité (r/m).	Dose d'irradiation en r.	Nombre de cellules examinées.	Nombre de cellules anormales.	Anomalies (%).
1re Série expérimentale : graines mises à germer immédiatement après le traitement.				
76	45 000	177	109	61
	64 300	179	156	87
	78 500	216	203	93
265	41 400	213	186	87
	54 200	183	171	93
Contrôle	–	210	0	0
2e Série expérimentale : graines mises à germer 15 mois après le traitement.				
47	25 700	227	67	29
	43 500	115	69	60
	40 000	218	147	67
85	28 400	258	87	33
	37 200	158	77	48
	46 600	120	86	71
285	25 500	354	186	52
	41 500	343	302	88
Contrôle	–	163	0	0

Plusieurs constatations peuvent être faites :

1° Le taux de léthalité cellulaire est nettement influencé par l'intensité d'irradiation : la courbe de sensibilité obtenue avec les intensités d'irradiation de 265-285 r/m diffère significativement dans l'une et l'autre série expérimentale de celle obtenue avec les intensités d'irradiation de 76-85 r/m.

2° Il y a, dans la deuxième série expérimentale deux courbes seulement de sensibilité, alors que trois intensités différentes d'irradiation ont été utilisées. Les courbes de sensibilité obtenues avec les deux intensités d'irradiation les plus faibles (47 et 85 r/m) se confondent.

On peut en déduire que l'action de l'intensité se manifeste par palier et non de façon progressive.

3° La comparaison des résultats obtenus dans les deux séries expérimentales avec des traitements sensiblement équivalents montre que la conservation des graines après irradiation n'entraîne aucune modification du taux de léthalité cellulaire après irradiation avec les rayons γ.

PHYTOGÉOGRAPHIE. — *Sur l'existence d'un postclimat forestier au Moyen-Congo.* Note (*) de MM. **Jean Koechlin** et **Jean L. Trochain**, présentée par M. Henri Humbert.

Des lambeaux forestiers subsistent tout près de Brazzaville, soit par 4° 20 de latitude Sud, entre la capitale de l'Afrique Équatoriale Française (A. E. F.) et le poste de Kinkala, situé quelque 80 km à l'Ouest.

Le climat de rythme équatorial (deux pointes maximales dans la courbe de pluviosité) présente une « grande » saison sèche durant les mois de juin, juillet, août et souvent même septembre. Durant ces mois d'hiver austral, le déficit de saturation est paradoxalement moins élevé qu'en saison des pluies (4 à 5 contre 6 à 8). Une inversion comparable, qui atténue la sévérité de la grande saison sèche, a déjà été signalée au Tonkin et dans le Sud de Madagascar.

Cette région relativement peuplée (21,8 habitants/km² contre presque 2 pour l'ensemble du Moyen-Congo) est très cultivée pour les besoins du ravitaillement de l'important centre africain de Brazzaville. Il résulte de cette agriculture traditionnelle d'écrémage une intense dégradation de la végétation naturelle et la surface des forêts d'apparence primaire s'amenuise considérablement au bénéfice de celle des friches culturales et des recrûs forestiers quand ce n'est pas de la savane.

Bien que de nombreuses attributions spécifiques ne soient pas encore définitives en l'absence d'ouvrage général de détermination de la flore de l'A. E. F., il est possible d'indiquer les espèces végétales physionomiquement dominantes qui constituent essentiellement ces îlots forestiers hémi-ombrophiles prenant parfois l'aspect de forêt claire (1). Un travail ultérieur donnera des relevés plus complets.

Dans la strate supérieure (30 à 40 m) : *Pentadesma butyracea* est très largement représenté, sa dominance étant de 60 à 80 %, puis *Allanblackia floribunda*, *Bosquiea angolensis*, etc.

Dans la strate moyenne (8 à 30 m) : *Xylopia hypolampra*, *Pentaclethra Eetveldeana*, *Trichilia Heudelotii*, *Milletia Laurentii*, etc.

Dans la strate inférieure (arbustive et herbacée) : *Olax viridis*, *Dichapetalum* sp., *Dracaena vaginata*, *Leptaspis cochleata*, des plantules et jeunes individus de toutes les autres espèces, etc.

Le sol dit ferrugineux tropical sableux ne diffère du sol des savanes voisines que par ses horizons supérieurs biogéniques qui présentent une

(*) Séance du 11 juillet 1955.

(1) J. Trochain, *Nomenclature et classification des milieux végétaux en Afrique noire française*. Colloque C. N. R. S., *Année biologique*, 31, fasc. 5-6, 1955.

ferruginisation moins poussée et, de façon moins sensible, des processus d'humification plus intenses.

Après abatage récent de ces îlots forestiers les recrûs forestiers subséquents ne semblent pas différer, floristiquement, de ceux succédant au bush secondaire résultant lui-même de l'évolution d'un ancien défrichement forestier. On note dans les premiers stades, jusqu'à l'âge de cinq ans approximativement, la dominance des espèces suivantes :

Strate arbustive : *Vernonia brazzavillensis* (parfois en peuplement monophyte sur les champs récemment abandonnés), *Caloncoba Welwitschii*, *Chætocarpus africanus*, etc.

Strate inférieure : *Olax Wildemanii*, *Sabicea dubia*, *Hypselodelphys* sp. p., etc.

Par contre est différente la composition des jeunes recrûs qui proviennent de la reforestation naturelle des savanes lorsqu'elles sont mises en défens contre les feux. Le rôle de pionnier n'est plus joué ici par *Vernonia brazzavillensis* mais par *Gærtnera paniculata*, *Platysepalum Vanderystii*, *Sapium cornutum*, avec tapis parfois très dense de *Sabicea dubia* entre les grosses touffes d'Andropogonées de la savane en cours de transformation.

Ultérieurement ces deux principaux faciès de première installation sont effacés par le développement des essences de la forêt secondaire qui, elle, ne présente plus de différence qu'elle provienne de l'évolution spontanée sur un terrain de culture abandonné, ou qu'elle résulte, bien plus rarement, de la transformation en forêt des savanes mises à l'abri des incendies périodiques.

Cette forêt secondaire basse n'est pas ici une parasoleraie à *Musanga cecropioïdes :* cet arbre n'est pas inconnu mais il n'y est jamais exclusif. Pas plus qu'une autre essence d'ailleurs. Du point de vue général on y notera l'existence, dans le sous-bois, de nombreuses espèces relevées dans la forêt à *Pentadesma.*

Cette dernière, étudiée en premier, va-t-elle donc se reconstituer et reprendre son aspect primitif, ce qui serait un argument supplémentaire à la thèse qui veut que la plupart des forêts « vierges » de l'Afrique tropicale soient, en réalité, de vieilles forêts reconstituées. Il n'est pas possible de l'affirmer car l'évolution naturelle est régulièrement arrêtée par un nouveau défrichement à but cultural.

Il semble cependant qu'il ne doive pas en être ainsi mais les différences sont plus quantitatives que qualitatives. C'est-à-dire que c'est uniquement la proportion des espèces végétales dans les diverses strates qui est modifiée. La vieille forêt secondaire présentera ainsi un plus grand nombre de lianes et une souille de Marantacées bien développée.

Quelles conclusions doit-on tirer de ces observations ?

— C'est que le climat local est forestier : le reboisement spontané des savanes protégées et des terrains de culture le prouve.

— L'existence de la forêt ancienne à *Pentadesma* paraît incompatible avec les conditions climatiques actuelles trop arides. Elle représenterait un postclimat, relicte d'une période antérieure plus humide, hypothèse que vient étayer tout un faisceau d'arguments qui seront développés dans une publication ultérieure.

PHYSIOLOGIE. — *Spécificité biologique et facteurs hormonaux de croissance*. Note de MM. **Henri Hermann** et **Jean-François Cier**, présentée par M. Léon Binet.

La technique des greffes effectuées sur des animaux d'âges différents (jeune, adulte ou sénescent) nous a permis de démontrer qu'il existe toujours dans le milieu intérieur du Rat blanc (souche Wistar) des facteurs capables d'assurer la croissance d'un greffon jeune, dont le potentiel est en conséquence intact ([1]). Mais la prise du greffon est inconstante et nous avions pensé qu'il fallait voir dans une consanguinité plus ou moins étroite entre le porteur du greffon et le tissu greffé la cause des variations dans la facilité plus ou moins grande avec laquelle la greffe est intégrée à l'organisme du porteur.

Il nous est possible aujourd'hui de confirmer cette hypothèse.

1° Dans un premier lot, 12 rats blancs femelles, adultes, *de souches*

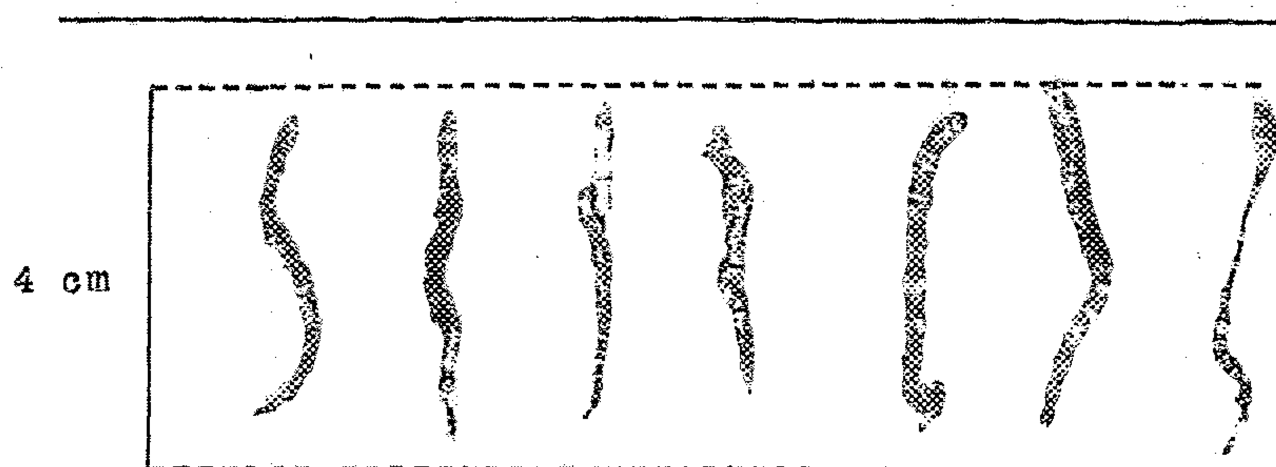


Fig. 1. — Queues de jeune rat « pie » *greffée sous la peau d'un rat adulte* (*souche Wistar*). Prélèvement au bout de 170 jours. Longueur initiale du greffon : 4 cm.

diverses, non sélectionnées, reçoivent sous la peau du dos un fragment de queue écorchée, long de 40 mm, et prélevé sur des ratons « pie » âgés

([1]) H. Hermann et J.-F. Cier, *Comptes rendus*, 239, 1954, p. 312.

de 3 semaines. Neuf porteurs sont encore en vie 170 jours plus tard lorsque sont prélevés les greffons. Deux d'entre eux ne sont pas retrouvés. Ils ont donc été soit éliminés, soit résorbés en totalité. Sur les sept greffons retrouvés, aucun n'a poussé; certains sont très fragmentaires, les autres présentent une structure particulière, granuleuse, facilement friable (*fig.* 1).

2° Dans un deuxième lot, neuf rats pie, âgés de 25 jours, *provenant d'une même nichée*, reçoivent sous la peau du dos, un greffon de 40 mm de queue écorchée prélevée sur un rat du même lot, frère ou sœur en

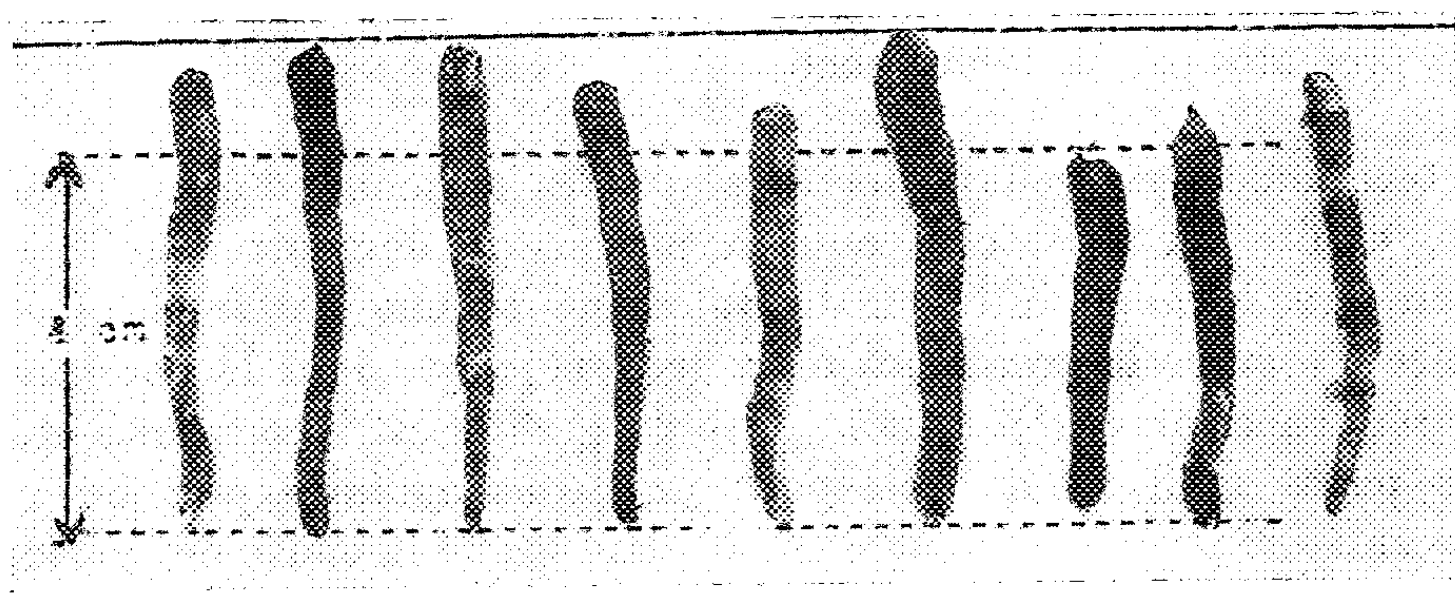


Fig. 2. — Queues de jeunes rats « pie », âgés de 25 jours, *greffées sous la peau d'un rat de même âge et de même portée*. Prélèvement du greffon au bout de 6 mois. Longueur initiale du greffon : 4 cm.

conséquence du porteur de greffe. Les neuf rats sont vivants six mois plus tard. Toutes les greffes sont prises, les greffons ont poussé, non seulement en longueur, mais surtout en épaisseur. Les vertèbres constitutives sont formées d'un os dense (*fig.* 2).

Ces faits expérimentaux démontrent donc l'importance des facteurs de spécificité individuelle dans la prise de greffes, pouvant faire varier entre 0 et 100 le pourcentage des greffes incorporées à l'organisme du porteur. La prise habituelle et la croissance du greffon lorsque l'on pratique la greffe d'un fragment de queue prélevée sur un raton de 20 à 25 jours sur des rats du même âge sont dues à ce que donneur et porte-greffe appartiennent généralement et en particulier ici à une même portée. Malgré la capacité adaptative des tissus embryonnaires ou très jeunes (greffes bréphoplastiques) mise en évidence par R. May, celle-ci est cependant insuffisante à assurer la réussite d'une greffe lorsqu'une consanguinité étroite avec le porteur n'est plus assurée.

PHYSIOLOGIE. — *Action de l'insuline sur les teneurs en cations minéraux des tissus du Lapin.* Note (*) de M. **Richard Valencia**, présentée par M. Jacques Duclaux.

Le maintien des teneurs normales en Na, K, Ca et Mg sous l'influence de l'insuline dans les divers tissus examinés est, dans la plupart des cas, remarquable et d'autant plus, que l'insuline provoquant une nette augmentation de la masse de certains organes, comme le foie et le poumon, amène le transfert de grandes quantités d'eau et de cations minéraux.

Nous avons montré dans une Note précédente ([1]) que l'insuline exerce une action sur les cations minéraux du plasma et nous recherchons ici si cela se répercute sur les teneurs en cations de plusieurs tissus (foie, muscle, poumon, peau) pour lesquels on ne trouve guère de données dans la littérature. En effet, seul le potassium du foie de rat a été étudié par W. O. Fenn ([2]).

Dans nos expériences nous avons utilisé des lapins de race Zoo élevés au laboratoire, de même âge et souvent de même portée ce qui permet une comparaison plus précise. Les tissus prélevés (muscles homologues et prélèvements symétriques pour la peau) après que l'animal a été rendu exsangue, ont été homogénéisés, puis calcinés dans des creusets de quartz au four électrique à 600° jusqu'à l'obtention de cendres blanches. Sur leur solution on a effectué des dosages pondéraux pour le sodium, volumétriques pour le potassium et le calcium et colorimétriques pour le magnésium ([1]).

L'insuline a été administrée après un jeûne de 24 h par voie sous-cutanée à la dose de deux unités par kilogramme en deux fois à 2 et 3 h d'intervalle. Nous reportons dans le tableau la moyenne des teneurs obtenues pour les divers tissus, portant sur quatre lapins témoins et quatre lapins soumis pendant 3 h à l'action de l'insuline.

		Eau (g %).	Na (mg %).	K (mg %).	Ca (mg %).	Mg (mg %).
Foie.	Témoins...	71,3±1,1	70,7± 4,0	326,4±28,0	5,23±1,6	17,3±1,2
	Insuline...	71,1±0,7	65,2± 3,8	343,2±18,0	5,67±0,95	17,6±0,7
Muscle.	Témoins...	75,4±0,6	41 ± 8,5	435,4±32,6	4,99±0,4	26,3±2,3
	Insuline...	76,7±0,9	40,1± 2,7	450,7±16,7	4,82±0,48	26,8±2,1
Poumon.	Témoins...	78,2±2,4	153 ±12,5	284,8±25,2	15,1 ±4,7	12,5 ±1,0
	Insuline...	80,0±2,2	150,9±16,6	273,1±38,1	10,0 ±1,5	13,3 ±3,4
Peau.	Témoins...	65,4±1,4	165 ±30,4	64,4± 6,8	12,8 ±2,7	4,32±0,62
	Insuline...	65,2±5,3	169,1±22,4	93,0±37,0	13,14±2,1	6,4 ±2,8

(*) Séance du 11 juillet 1955.

([1]) R. Valencia, *Comptes rendus*, **241**, 1955, p. 244.

([2]) *J. Biol. Chem.*, **128**, 1939, p. 297.

Les résultats peuvent se résumer ainsi :

Les concentrations de l'*eau* ne varient sensiblement que pour le poumon, ce qui peut être rapproché des œdèmes du poumon qui ont été signalés à propos de l'insuline. Dans le muscle on peut noter aussi une faible augmentation. Le sodium présente des teneurs assez constantes. Dans le foie seulement il a tendance à diminuer en concentration.

Le potassium et le magnésium qui, dans le plasma, varient de façon importante [1], ne montrent des variations tissulaires sensibles que dans la peau. En effet dans ce tissu chez deux lapins seulement sur quatre ayant reçu de l'insuline, nous avons trouvé pour ces deux ions de fortes augmentations, pouvant aller du simple au double et telles que le rapport moléculaire K/Mg reste voisin de 4 comme normalement.

Le calcium varie uniquement dans le poumon où l'on peut constater une diminution importante de la teneur atteignant 30 % en moyenne.

Il se dégage de cet ensemble de données que les concentrations des cations minéraux dans les tissus restent, malgré un transport important, assez fixes, ce qui indique une régulation très efficace de l'organisme. Ces transferts déterminés par l'insuline apparaissent nettement si nous considérons les variations de masse des organes comme le foie et les poumons. Dans nos expériences, la masse du foie exprimée en pour-cent du poids du corps montre sous l'effet de l'insuline une augmentation variant entre 23 et 36%, résultats sensiblement similaires à ceux de R. Agid [3]. Une étude analogue sur le poids du poumon par rapport au poids du corps nous montre aussi de façon constante des augmentations de masse qui sont en moyenne de 20 %.

Il y a donc une importante entrée d'eau et de cations dans ces organes puisqu'ils gardent leurs teneurs constantes (sauf pour le calcium du poumon, mais dans ce cas l'augmentation de masse suffit presque à compenser la diminution en teneur). Un résultat similaire avait déjà été signalé par Fenn [2]. Cet auteur avait rapproché la diminution du potassium plasmatique sous l'effet de l'insuline de l'augmentation de cet ion dans le foie (maintien de la concentration et augmentation de masse de l'organe) et l'expliquait comme un transfert vers le foie de composés phospho-glucidiques liés au potassium. Or, l'action de l'insuline entraîne un transfert vers le foie et le poumon de plusieurs ions — ainsi que de nombreux autres constituants vers le foie [Agid [3]] — ce qui montre que les phénomènes sont d'une plus grande complexité. Par ailleurs, si nous tenons compte des concentrations élevées du potassium dans le foie et partant des importantes entrées que nécessite leur maintien lors de l'augmentation de masse de cet organe, nous voyons qu'il n'y a pas de commune mesure avec les

---

(3) *Thèse Sciences*, Paris, 1953, 192 pages.

quelques milliéquivalents de potassium disparaissant du plasma sous l'effet de l'insuline. Les apports minéraux ne peuvent être expliqués par les modifications sanguines et nos résultats ne permettent pas de dire d'où proviennent les cations ainsi transférés; il est probable que les importants mouvements de cations que l'insuline déclenche au moment du choc dans les tissus étudiés, doivent intéresser l'organisme entier.

PSYCHOPHYSIOLOGIE. — *Contribution à l'étude du mécanisme d'apparition des images consécutives.* Note (*) de Mme **Catherine Popov**, transmise par M. Pierre-P. Grassé.

Nous abordons maintenant l'étude du mécanisme de l'apparition des images consécutives, naissant dans l'écorce cérébrale après l'action de la stimulation lumineuse. Pour mieux comprendre le processus d'apparition de ces images, étudions ce phénomène d'après ses manifestations visibles sur l'électroencéphalogramme (EEG) pendant et après l'action de ce stimulus.

Comme nous l'avons déjà écrit, la chute des ondes α directement provoquée par la stimulation lumineuse, réapparaît pendant un certain temps après l'arrêt de cette stimulation sous forme de cycles complexes. C'est ce que nous appelons « l'action prolongée ». Au cours de cette action prolongée, nous avions déjà signalé la présence de groupes détachés d'ondes α, intercalés avec des zones d'où ils sont absents. La présence de ces groupes d'ondes α a été aussi signalée par d'autres auteurs.

Examinons en détail les phénomènes qui apparaissent à la suite d'une stimulation lumineuse (*fig. a*). On voit nettement que chaque apparition d'images consécutives provoque à nouveau la chute des ondes α. Cette chute se produit sur le tracé un peu avant l'apparition de l'image signalée par le sujet par la pression d'une poire en caoutchouc. Ce retard n'est qu'apparent et dépend de diverses causes que nous envisagerons en détail ultérieurement.

En comparant ces résultats avec ceux obtenus au cours de nos expériences sur les Lapins par la méthode corticographique [1], nous constatons qu'à la place des modifications des tracés corticographiques représentant une excitation dans l'aire pariétale du Lapin, nous obtenons chez l'Homme sur le tracé EEG la réaction d'arrêt des ondes α.

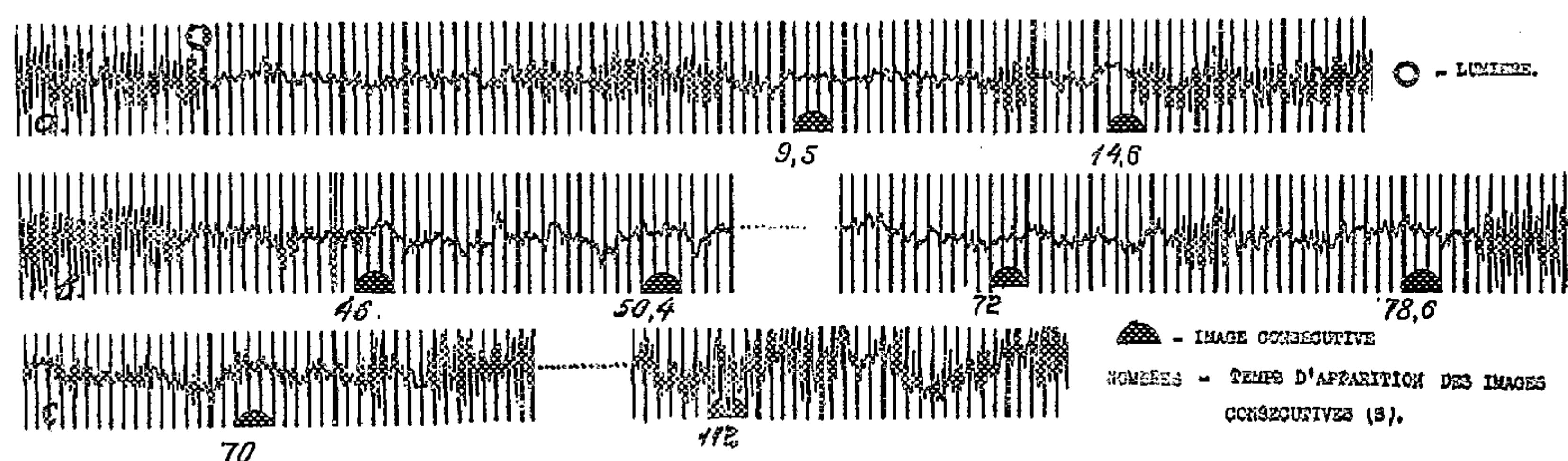
Ainsi la baisse des ondes α se produit probablement au moment de la naissance des images dans le cortex, ce qui confirmerait encore une fois

(*) Séance du 11 juillet 1955.

(1) *Comptes rendus*, 241, 1955, p. 249;

que cette baisse représente une inhibition par induction négative due ici à l'apparition de l'excitation corticale provoquée par l'image.

Dans le cas où les images se succèdent de façon ininterrompue, c'est-à-dire sans intervalle noir, ce que nous avons souvent observé et nommé « chaîne », la réapparition des ondes α sur les tracés ne se fait qu'à la fin de la chaîne. Nous avons observé un phénomène analogue au cours de l'action prolongée chez beaucoup de sujets, particulièrement ceux qui



a, Tracé que l'on obtient habituellement à la suite de chaque stimulation lumineuse chez les sujets normaux; *b*, Tracé correspondant à l'apparition de quelques images, où l'on remarque l'absence des groupes d'ondes α. La valeur d'inhibition corticale étant dans ce cas au-dessus de la limite $n - n_1$ (voir texte); *c*, Tracé d'un sujet se rapprochant du type A. Les images apparues au début de l'action prolongée font baisser les ondes α. On voit sur cette figure une image apparaissant 70 s après la fin de la stimulation. Noter la baisse des ondes α due à cette image. On voit également que l'image apparue 112 s après la fin de la même stimulation ne provoque plus la réaction d'arrêt.

se rapprochent du type B : entre certaines images, les groupes d'ondes α peuvent ne pas apparaître (*fig. b*). On peut très bien expliquer cela comme le résultat d'une inhibition par induction négative restant toujours au-dessus de la limite $n - n_1$ [selon notre schéma des valeurs d'inhibition corticale, voir (²)], ces sujets ayant une capacité d'inhibition corticale bien exprimée.

Les sujets se rapprochant du type A, c'est-à-dire ayant une faible capacité d'inhibition corticale, manifestaient la particularité suivante : les dernières images apparues ne provoquaient pas forcément la baisse des ondes α (*fig. c*). Nous pouvons en donner l'explication suivante : dans ces cas, l'inhibition par induction négative provoquée par l'apparition des dernières images, n'est pas suffisante pour provoquer cette baisse. Signalons que ces dernières images sont moins vives, de couleur bleu sombre.

Cette étude nous semble éclairer le mécanisme d'apparition des images consécutives dans le conditionnement EEG son-lumière chez l'Homme, permettant de donner une explication satisfaisante du cycle complexe succédant à une stimulation lumineuse.

Notons que d'après nos observations récentes, ces cycles ne se révèlent

(²) C. Popov, *Les ondes α étudiées du point de vue de la physiologie cérébrale pavlovienne*. Communication au Congrès EEG, 1953, Liége (sous presse, *Journal EEG*).

pas comme une particularité propre des réponses du cortex aux stimulations lumineuses, mais plutôt comme un phénomène général plus ou moins exprimé selon les cas. Il en résulte que le conditionnement s'effectue, *non seulement au cours de l'action d'une stimulation, mais durant une période de temps qui suit cette même stimulation et dont la durée peut être très supérieure à celle-ci.*

Ainsi, nos observations, aussi bien sur l'Homme que sur l'animal, intéressant les différentes régions corticales, semblent apporter des éléments importants pour une compréhension plus large du conditionnement. Ceci fera l'objet d'une étude ultérieure.

BIOLOGIE CELLULAIRE. — *Étude morphologique et biochimique de la fraction « microsomes » des cellules du foie et du pancréas de Rat.* Note de MM. **Jean Chauveau**, **Alain Gautier**, Mlle **Yvonne Moulé** et M. **Charles Rouiller**, transmise par M. René Fabre.

L'emploi simultané des coupes ultrafines au microscope électronique et de l'analyse biochimique a permis de montrer que la totalité de l'ergastoplasme est rassemblé dans les « microsomes » isolés par centrifugation différentielle et de confirmer par la présence d'une forte teneur en acide ribonucléique le caractère basophile de cette formation.

Grâce à la méthode de centrifugation différentielle introduite par Claude, il est désormais possible au physiologiste de travailler non plus à l'échelle du tissu mais de la cellule, après séparation des différentes structures : noyaux, mitochondries, microsomes et phase cytoplasmique disperse. L'identification des deux premières structures ne pose pas de problème morphologique : les noyaux et les mitochondries examinés *in situ* dans la cellule ou après isolement donnent des images très comparables. Seule la fraction microsomiale a soulevé une discussion. En effet, au microscope électronique, les culots de microsomes remis en suspension puis déposés sur un film plastique se présentent sous forme de granulations non structurées de 40 à 300 mμ de diamètre dispersées ou reliées en chapelet (1). Or, l'observation des coupes ultrafines de tissu n'a jamais permis de mettre en évidence d'entités cytoplasmiques assimilables aux microsomes. D'autre part, un certain nombre de faits a permis aux morphologistes d'assimiler les plages basophiles à l'ergastoplasme décrit par Garnier (2), (3) : celui-ci se présente au microscope électronique sous forme d'un complexe de membranes et de nombreuses petites particules très denses de 10 à 15 mμ de

(1) D. Slautterback, *Exp. Cell. Res.*, 5, 1953, p. 173.

(2) W. Bernhard, A. Gautier et Ch. Rouiller, *Arch. Anat. micr. et morph. exp.*, 43, 1954, p. 236.

(3) A. Dalton, H. Kahler, M. Striebich et B. Lloyd, *J. Nat. Cancer Inst.*, 11, 1950, p. 439.

diamètre dites « grains de Palade » (⁴) accolées sur la face externe des membranes ou, plus rarement, dispersées dans le cytoplasme (*fig.* 1). Ces considérations ont amené les morphologistes à s'interroger sur la signification réelle de la fraction microsomiale. Cependant, pour le physiologiste, les microsomes constituent une fraction bien caractérisée et par son équipement enzymatique spécifique et par sa composition biochimique : richesse en phospholipides et surtout en acide ribonucléique (ARN).

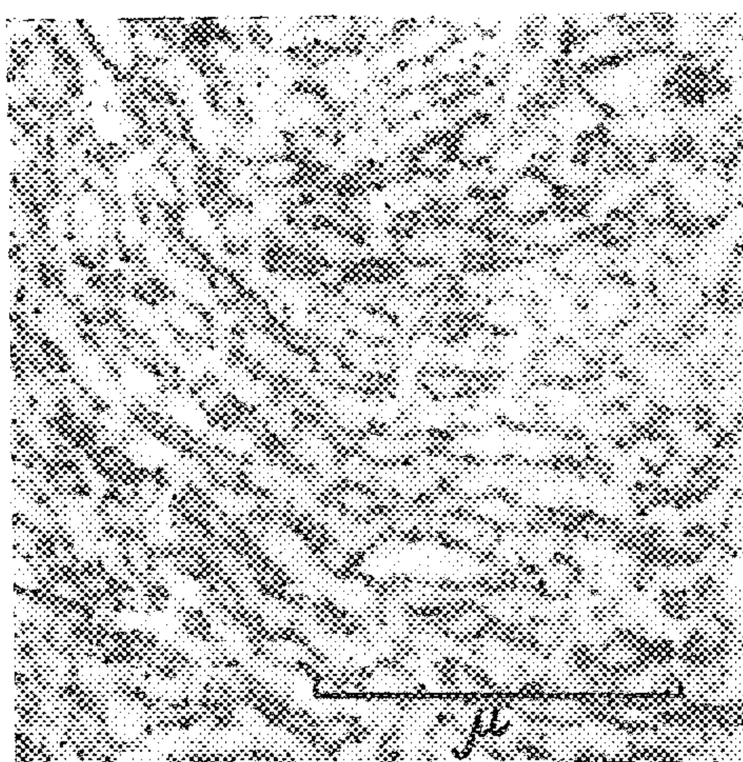


Fig. 1. — Portion d'une cellule pancréatique de rat. G. : 28 000 x.

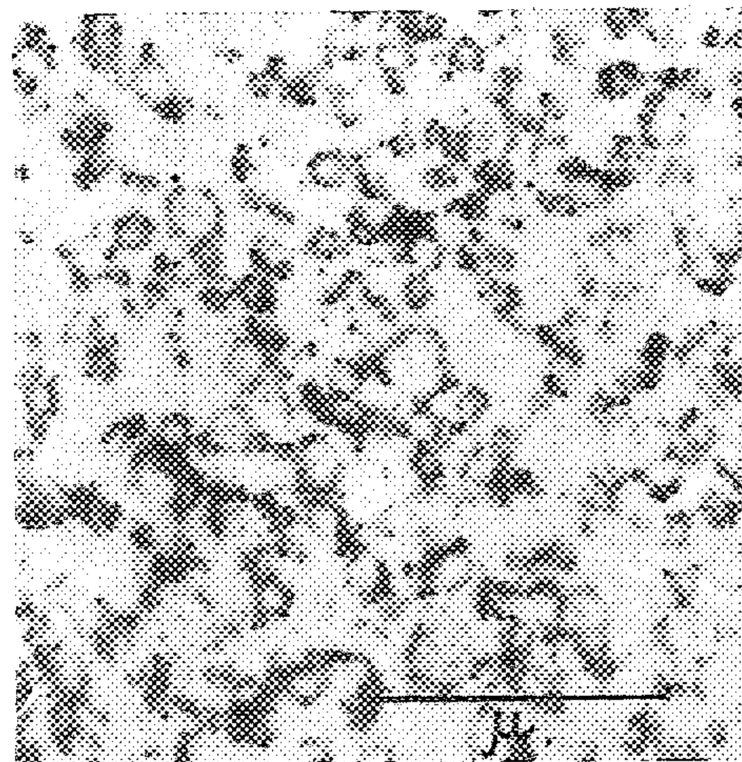


Fig. 2. — Coupe ultrafine du culot « Microsomes » de pancréas. G. : 25 000 x.

Noter dans les deux cas, les particules osmiophiles décrites par Palade dispersées ou accolées sur les formations membraneuses.

Nous avons pensé que la technique d'examen au microscope électronique utilisée jusqu'ici pour les microsomes était inadéquate et que seule l'observation de la fraction microsomiale et de la cellule *in toto* dans des conditions techniquement identiques permettait de comprendre à quoi correspond la fraction isolée par le biochimiste. Nous avons donc appliqué la méthode de la coupe ultrafine (200 à 300 Å) après fixation à OsO_4 et inclusion dans le méthacrylate de butyle, directement au culot « microsomes » (centrifugés 4 h à 150 000 g dans le saccharose 30 % après élimination des noyaux et des mitochondries) et au tissu de foie et de pancréas de rat, en complétant notre travail par des dosages biochimiques pratiqués sur les différents échantillons.

Si l'on tient compte de la fragmentation impliquée par le broyage et la centrifugation différentielle, on ne peut qu'être frappé de l'analogie de structure entre les images obtenues à partir du culot « microsomes » d'une

(⁴) G. Palade, *J. Biophys. Biochem.*, 1, 1955, p. 59.

part (*fig.* 2) et celles données par l'ergastoplasme de la cellule *in toto* de l'autre (*fig.* 1). Donc l'ergastoplasme se retrouve dans les « microsomes » sédimentés dans les conditions indiquées, et constitue la plus grande partie de ce culot. Mais est-il localisé uniquement dans cette fraction ? Nos expériences permettent de l'affirmer : en effet, le sédiment S obtenu en centrifugeant le surnageant des « microsomes » 12 h à 150 000 g en milieu saccharose 10 % ([5]) ne présente plus après inclusion et coupe ultrafine la structure caractéristique de l'ergastoplasme.

Par ailleurs, comme il est impossible dans l'état actuel de nos connaissances d'assimiler basophilie et osmiophilie ([6]), nous avons soumis aux dosages biochimiques les différentes fractions du cytoplasme, après élimination des mitochondries, afin de déterminer la répartition de l'acide ribonucléique. Les résultats sont les suivants :

— Pourcentage de l'ARN par rapport à l'ARN cytoplasmique total (foie de rat); fract. micros., 85 %; sédiment S, 9 %; surnageant final, 6 %.

— Concentration de l'ARN par rapport à l'azote protéique (μg P. ARN/mg NP); fract. micros., 72,4 %; sédiment S, 12,5 %; surnageant final, 4,4 %.

Ainsi les analyses biochimiques permettent de considérer l'ergastoplasme, constituant des « microsomes » comme matériel basophile, caractère que lui avaient attribué les morphologistes.

Conclusion. — Ce travail permet de comprendre et de définir ce que représentent les « microsomes » isolés par centrifugation différentielle et apporte un nouvel argument décisif en faveur de la nature basophile de l'ergastoplasme visible au microscope électronique sur les coupes ultrafines de tissu.

IMMUNOCHIMIE. — *Étude des critères d'identification de la protéine de Bence-Jones. Valeur de la méthode immunochimique.* Note (*) de MM. **Pierre Burtin, Lucien Hartmann, René Fauvert** et **Pierre Grabar**, transmise par M. Jacques Tréfouël.

Utilisant simultanément la méthode classique de détection thermique, l'électrophorèse sur papier et la méthode immunochimique d'Ouchterlony pour la détection des protéines de Bence-Jones, les auteurs concluent à la plus grande finesse et spécificité de cette dernière méthode.

La protéine de Bence-Jones (P.B.J.) dans sa définition classique précipite par chauffage à 56° pour se redissoudre à une température plus élevée.

([5]) Conditions d'obtention de particules ayant la dimension des grains de Palade.
([6]) G. Bahr, *Exp. Cell. Res.*, 7, 1954, p. 457.

(*) Séance du 4 juillet 1955.

Elle n'est retrouvée que dans 40 à 50 % des myélomes, si l'on se base sur ce critère. Mais celui-ci est parfois en défaut ainsi que l'ont montré les recherches électrophorétiques et immunochimiques.

Nous avons étudié la protéinurie dans 24 cas de myélomes, en combinant le procédé classique de précipitation thermique, l'électrophorèse sur papier, lorsque la concentration en protéines était suffisante, enfin la méthode immunochimique de O. Ouchterlony [1]. Grâce à cette méthode, nous avons pu comparer directement vis-à-vis d'immunsérums de chevaux antisérum humain total, et d'immunsérums d'âne et de lapins anti-γ-globulines, les protéines urinaires des myélomateux avec les protéines normales du sérum humain, en particulier les γ-globulines et la sérum-albumine. Le dosage des protéines totales a été fait par pesée et par évaluation colorimétrique par la réaction du biuret. Les résultats que nous avons obtenus diffèrent selon les méthodes employées.

1° Avec la méthode thermique, la P. B. J. a été trouvée 19 fois dont 8 fois à l'état de traces. Ce pourcentage élevé de résultats positifs par rapport aux statistiques classiques tient sans doute au fait que nous avons tenu compte des traces de P. B. J. à la lueur des résultats de la méthode immunochimique. La présence d'une protéinurie banale a été décelée 16 fois.

2° L'électrophorèse sur papier n'a pu être faite avec succès que 9 fois. La P. B. J. a la mobilité d'une β-globuline ou est intermédiaire aux β et γ-globulines. Dans trois cas, s'y associait une petite quantité de sérum-albumine. De pareilles constatations ont une grande valeur diagnostique.

3° La méthode de Ouchterlony nous a montré que la P. B. J. donne avec les γ globulines normales une réaction d'identité partielle. Il semble bien que cette réaction puisse être considérée comme un des meilleurs critères d'identification de la P. B. J. Mais on ne l'obtient de manière constante ou quasi constante qu'avec un immunsérum de cheval anti-sérum humain total. Les immunsérums de lapin ou d'âne anti-γ-globulines ne décèlent nettement les P. B. J. que dans les 2/3 des cas environ. Dans ces conditions, nous avons trouvé une P. B. J. 23 fois sur 24, dont 9 fois en fortes quantités, 7 fois nettement et 7 fois à l'état de traces. Il s'y associait 14 fois une protéinurie banale, mais toujours en petites quantités.

La comparaison entre les différentes méthodes nous a montré que l'électrophorèse sur papier pèche par son manque de sensibilité. D'autre part, un certain nombre de P. B. J. échappent complètement à la méthode thermique, d'autres ne précipitent qu'incomplètement à 56°, même après acidification et enrichissement en sels. L'on pourrait croire à tort à la

(1) *Arkiv for Kemi*, 26 B, n° 14, 1948.

coexistence de P. B. J. et de protéines normales. La méthode immunochimique est infiniment plus sensible et plus sûre.

Nous avons encore constaté grâce à la méthode de Ouchterlony que les P. B. J. ne sont pas identiques entre elles, et que par rapport aux γ-globulines normales, elles se sont classées en trois groupes, dans les limites de notre étude. La préparation d'immunsérums de lapin anti-P.B.J. n'a fait qu'accentuer cette notion d'hétérogénéité.

Enfin, nous avons observé que dans certaines maladies, surtout les cancers secondaires des os, mais aussi d'autres affections osseuses ou hépatiques, des traces de P. B. J. pouvaient être décelées dans l'urine. A l'état de traces, la P. B. J. n'a pas de valeur diagnostique formelle. Il n'en est pas de même lorsqu'elle existe en grandes quantités.

A 15 h 30 m l'Académie se forme en Comité secret.

COMITÉ SECRET.

Sur la proposition du Comité National d'Astronomie, sont adjoints à la délégation française à l'Assemblée générale que l'Union Astronomique Internationale doit tenir à Dublin, du 20 août au 5 septembre 1955 :

Comme délégué technique : M. **Jean Terrien**.

Comme délégués techniques adjoints : MM. **David Belorizky** et **Jean-Louis Rigal**.

La séance est levée à 15 h 40 m.

L. B.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus pendant les séances de juin 1955

(*suite et fin*).

Archives internationales de pharmacodynamie et de thérapie. Vol. XCVI. Fasc. 1. *Recherches expérimentales sur la monosemicarbazone de l'adrénochrome comme constituant d'un substitut du plasma sanguin*, par Corneille Heymans et R. Charlier. *Action of drugs on pressure-response and distensibility of carotid sinus arterial Wall*, by Corneille Heymans and A. L. Delaunois. Vol. XCVI. Fasc. 2. *The effect of certain astronomic drugs on the chemoreceptors of the carotid body and the carotid sinus*, by Corneille Heymans, A. L. Delaunois, L. Martini et P. Janssen. Vol. XCVII. Fasc. 3-4. *Hexamethonium and conduction and excitability in the vagal center*, by Corneille Heymans, A. L. Delaunois et L. Martini. Gand, Secrétariat de la rédaction, et Bruxelles, Office international de librairie, 1953-1954; 4 fasc. 24 cm.

Action of drugs on carotid body and sinus, by Corneille Heymans. Reprinted from *Pharmacological Reviews*. Vol. VII, n° 1, 1955; 1 fasc. 25,5 cm.

Société des sciences, de l'agriculture et des arts de Lille. *Exposition de souvenirs organisée à l'occasion du 80e Congrès des Sociétés savantes. Lille, 29 mai-4 juin 1955, Palais des Beaux-Arts.* Préface par Joseph Kampé de Fériet. Lille, Imprimerie centrale du Nord, 1955; 1 fasc. 23,5 cm.

Université de Paris. Les Conférences du Palais de la Découverte. Série A. N° 202. *Le compas gyroscopique*, par P. Monfraix. N° 203. *Le microscope protonique*, par Claude Magnan. N° 204. *Perspectives imminentes de l'application industrielle de l'énergie atomique*, par Lew Kowarski. N° 205. *Les aspects bioélectriques et biochimiques de l'activité nerveuse*, par A. M. Monnier; 4 fasc. 18 cm.

Extrait du *Bulletin volcanologique*, Série II, T. XVI, 1955, de l'Association de volcanologie de l'Union géodésique et géophysique internationale. *Xe Assemblée générale de l'Union géodésique et géophysique internationale de Rome 14-25 septembre 1954. Procès-verbaux de l'Association de volcanologie* rédigés par Francesco Signore. Napoli, Francesco Giannini and Figli, 1955; 1 fasc. 24 cm.

Collection de travaux de l'Académie internationale d'histoire des sciences. N° 6. *Actes du VIe Congrès international d'histoire des sciences. Amsterdam 14-21 août 1950.* Vol. II. Paris, Académie internationale d'histoire des sciences, et Hermann et Cie, 1953; 1 vol. 25 cm.

Encyclopédie mycologique. XIX. *Phytopathologie des pays chauds*, par Léon Roger. T. III. Paris, Paul Lechevalier, 1954; 1 vol. 25,5 cm (présenté par M. R. Heim).

La vie des plantes, par André Guillaumin, Fernand Moreau et Claude Moreau. Paris. Librairie Larousse, 1955; 1 fasc. 29 cm.

Les dislocations et la croissance des cristaux, par WILLY DEKEYSER, et SÉVERIN AMELINCKX. Préface de JEAN WYART. Paris, Masson et Cie, 1955; 1 vol. 24 cm.

Œuvres de Lavoisier. T. VII. *Correspondance* recueillie et annotée par RENÉ FRIC. Fasc. 1. 1763-1769, p. 1 à 252. Préface de LOUIS DE BROGLIE. Paris, Éditions Albin Michel, 1955; 1 vol. 27 cm.

Flore de Madagascar et des Comores (Plantes vasculaires). Famille 108e *bis* : *Trigoniacées*, par HENRI PERRIER DE LA BÂTHIE et J. LÉANDRI. 109e famille : *Polygalacées*, par HENRI PERRIER DE LA BÂTHIE. Paris, Typographie Firmin-Didot, 1955; 1 fasc. 25 cm.

Union internationale pour la protection de la nature. *Procès-verbaux et Rapports de la IVe Assemblée générale* tenue à Copenhague du 25 août au 3 septembre 1954. *Séances statutaires*. Bruxelles, Secrétariat de l'U. I. P. N., 1955; 1 fasc. polycopié 27 cm.

Precision electrical measurements. Proceedings of a symposium held at the National physical laboratory on november 17-20 1954. London, Her Majesty's Stationery office, 1955; 1 fasc. polycopié 26 cm.

The year Book of the international council of scientific Unions 1955. London, The Secretary-general of ICSU, 1955; 1 fasc. 21 cm.

Institut royal colonial belge. 20. *Algemeine Atlas van Congo*, door A. Letroye. Brussel, 1954; 1 fasc. 36,5 cm.

Id. 662. — *Atlas général du Congo. Notice de la carte nosologique du Congo belge et du Ruanda-Urundi*, par J. GILLET. Bruxelles, 1954; 1 fasc. 36,5 cm.

Id. 742. — *Atlas général du Congo. Notice de la carte des télécommunications du Congo belge et du Ruandi-Urundi*, par P. GEULETTE. Bruxelles, 1955; 1 fasc. 36,5 cm.

The deflection of the vertical in the western and central mediterranean area, by IRÈNE FISCHER. Extrait du *Bulletin géodésique de l'Association internationale de géodésie*, n° 34, 1954. Gap, Imprimerie Louis-Jean; 1 fasc. 24 cm.

Catalogue des coléoptères de Provence d'après des documents recueillis et groupés, par HENRI CAILLOL. Quatrième partie : Notice biographique, par PAUL VAYSSIÈRE. Cinquième partie : (*Additions et Corrections*). Paris, Muséum national d'histoire naturelle, 1954; 2 vol. 25 cm.

Union internationale des sciences biologiques. N° 20. Série B (Colloques). *La physiologie des cultures de tissus végétaux*. Naples, Secrétariat général de l'U. I. S. B., 1955; 1 vol. 25 cm.

Moteur d'avions, par RAYMOND MARCHAL. Préface de P. DEMANOIS. Deuxième édition. Vol. I et II. Paris, Technique et Vulgarisation, 1953; 2 vol. 28 et 32,5 cm.

Union internationale de chimie pure et appliquée. XIVe *Congrès international de chimie pure et appliquée* 21-27 *juillet* 1955. XVIIIe *Conférence de l'Union internationale de chimie pure et appliquée* 20-28 *juillet* 1955. *Programme général*. Ces deux manifestations aurons lieu à Zurich (Suisse); 1 vol. 21 cm.

Protectorat de la République française au Maroc. Direction de la production industrielle et des mines. Division des mines et de la géologie. Service géologique. *Notes et Mémoires*, n° 120. *Notes du service géologique du Maroc*. T. VIII. Rabat, Éditions du Service géologique du Maroc, 1954; 1 vol. 25 cm (présenté par M. P. Fallot).

Id. n° 98. — *Géologie appliquée aux grands travaux du Maroc* (zone française). Fasc. 2. *Étude de quelques emplacements de barrage*, par P. LEVEQUE. Introduction par A. ROBAUX. Rabat, Éditions du Service géologique du Maroc, 1954; 1 vol. 25 cm (présenté par M. P. Fallot).

Les instruments astronomiques de Nicolas Copernic et l'édition d'Amsterdam (1617) *de* « De Revolutionibus », par TADEUSZ PRZYPKOWSKI. Extrait des *Archives nationales d'histoire des sciences*, n°s 23-24, 1953; 1 fasc. 24 cm.

O Mikolaju Koperniku, par TADEUSZ PRZYPKOWSKI. Panstwowe Wydawnictwo Naukow, s. d.; 1 vol. 19,5 cm.



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 25 JUILLET 1955.

PRÉSIDENCE DE M. ARMAND DE GRAMONT.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** annonce le décès, survenu à Sceaux (Seine), le 24 juillet, de M. **Emmanuel de Martonne**, Membre de la Section de Géographie et Navigation. Il invite l'Académie à se recueillir en silence pendant quelques instants, en signe de deuil.

L'allocution nécrologique d'usage sera lue en l'une des prochaines séances par M. **Donatien Cot**.

MÉCANIQUE ONDULATOIRE. — *Ondes régulières et ondes à région singulière en Mécanique ondulatoire.* Note de M. **Louis de Broglie**.

Généralisant une démonstration donnée l'an dernier, l'auteur indique une démonstration du théorème du guidage en théorie de la double solution qui s'appuie uniquement sur l'équation de continuité. Il montre l'importance que peut présenter l'image ainsi obtenue pour l'interprétation de la Mécanique ondulatoire.

Dans une Note antérieure ([1]), nous avons donné, dans le cas de l'équation de Klein-Gordon, une démonstration de la formule du guidage faisant uniquement intervenir la méthode générale d'intégration des équations aux dérivées partielles linéaires du premier ordre. Nous allons donner à cette démonstration une forme plus générale qui, partant directement de la notion de lignes de courant et de l'équation de continuité, est applicable à toutes les équations d'ondes que l'on rencontre en Mécanique ondulatoire et en particulier aux équations de Dirac.

Toutes les équations d'ondes que l'on emploie en Mécanique ondulatoire pour les diverses sortes de corpuscules, permettent d'obtenir une image hydrodynamique en définissant en chaque point xyz à l'instant t une densité ρ et un vecteur densité de courant $\rho\vec{v}$, grandeurs qui s'expriment à l'aide d'expres-

([1]) *Comptes rendus*, 239, 1954, p. 737.

sions bilinéaires à partir de la fonction d'onde et de sa complexe conjuguée et qui obéissent à l'équation de continuité

$$(1) \qquad \frac{\partial\rho}{\partial t} + \operatorname{div}\rho\vec{v} \equiv \frac{\partial\rho}{\partial t} + v_x\frac{\partial\rho}{\partial x} + v_y\frac{\partial\rho}{\partial y} + v_z\frac{\partial\rho}{\partial z} + \rho\operatorname{div}\vec{v} = 0$$

Admettons alors ([2]) qu'à toute solution partout régulière Ψ de l'équation d'ondes, on puisse faire correspondre une autre solution u possédant une singularité ponctuelle mobile, ces deux solutions ayant les *mêmes* lignes de courant définies par le même champ de vitesse $\vec{v}(x, y, z, t)$. Pour la solution Ψ, la densité $\rho(\Psi)$ est partout régulière; pour la solution u, la densité $\rho(u)$ présente une singularité ponctuelle mobile. D'ailleurs les deux fonctions ρ obéissent à l'équation (1). La méthode classique d'intégration des équations aux dérivées partielles linéaires du premier ordre fait correspondre à (1) les équations différentielles

$$(2) \qquad dt = \frac{dx}{v_x} = \frac{dy}{v_y} = \frac{dz}{v_z} = -\frac{d\rho}{\rho\operatorname{div}\vec{v}}$$

Les trois premières équations (2) admettent les intégrales

$$(3) \qquad f_1(x, y, z, t) = \lambda, \qquad f_2(x, y, z, t) = \mu, \qquad f_3(x, y, z, t) = \nu$$

qui, pour une valeur constante de λ, μ, ν, définissent une ligne de courant d'univers. Les relations (3) nous permettent d'exprimer $\operatorname{div}\vec{v}$ sous la forme $F(\lambda, \mu, \nu, t)$ et l'on trouve comme dans la Note précitée

$$(4) \qquad \rho(\Psi) = e^{-\int F(\lambda,\mu,\nu,t)\,dt}\,\Phi_1(\lambda, \mu, \nu); \qquad \rho(u) = e^{-\int F(\lambda,\mu,\nu,t)\,dt}\,\Phi_2(\lambda, \mu, \nu),$$

les fonctions arbitraires Φ_1 et Φ_2 n'étant pas déterminées par l'intégration. Le premier facteur étant le même dans les deux expressions (4) doit être régulier et, par suite, Φ_2 doit à tout instant présenter une singularité ponctuelle pour $\lambda = \lambda_0$, $\mu = \mu_0$, $\nu = \nu_0$. Il en résulte, comme dans la Note précédente, que la singularité ponctuelle de u doit avoir à chaque instant la vitesse $\vec{v}$ et que son mouvement est représenté dans l'espace-temps par *l'une* des lignes de courant d'Univers définies par (3) et l'on retrouve ainsi le théorème du guidage sous une forme très générale.

Einstein nous a appris que, si l'on veut représenter le corpuscule comme une sorte d'accident local incorporé à un champ, il faut le considérer non pas comme une véritable singularité mathématique du champ, mais comme une très petite région de l'espace où le champ prend des valeurs très élevées, mais finies (champ à bosse). Suivant cette idée, nous devons considérer la fonction u comme possédant non pas une singularité mathématique, mais une petite

([2]) Sous réserve d'un théorème d'existence à démontrer.

région singulière mobile où elle a des valeurs très élevées (et où d'ailleurs l'équation satisfaite par u peut n'être plus linéaire). Ceci ne change rien d'essentiel à notre raisonnement car la fonction Φ_2 dans (4) doit alors prendre des valeurs très grandes quand les variables λ, μ, ν sont voisines des valeurs λ_0, μ_0 ν_0 et l'on voit que le mouvement de la région singulière est représenté dans l'espace-temps par un tube d'univers extrêmement délié dont l'axe coïncide avec l'une des lignes de courant d'univers : le théorème du guidage est donc encore valable.

Revenons maintenant aux origines de la Mécanique ondulatoire. L'une des idées qui lui ont servi de bases a été de donner un sens physique à la théorie d'Hamilton-Jacobi en la considérant comme définissant à l'approximation de l'Optique géométrique une propagation d'ondes associée au mouvement d'un corpuscule. Les lignes de courant correspondant à cette propagation forment un ensemble de trajectoires possibles du corpuscule dans le champ de force considéré; mais à cette représentation globale d'un ensemble de mouvements possibles, la théorie d'Hamilton-Jacobi ajoutait implicitement, en accord avec les conceptions classiques de la Dynamique du point matériel, l'image d'un corpuscule décrivant l'une des trajectoires possibles. Dans mes premiers travaux, j'avais admis que la fonction de Jacobi déterminait, à l'approximation de l'Optique géométrique, la phase de l'onde associée au corpuscule (que j'appelais pour cette raison « l'onde de phase »), mais je ne m'étais pas prononcé sur la forme de l'amplitude, la question me paraissant difficile. Or, dans son premier Mémoire sur la Mécanique ondulatoire, M. Schrödinger en 1926 a précisé l'image physique tirée de la théorie d'Hamilton-Jacobi en supposant que l'onde associée au corpuscule avait une amplitude continue comme les ondes de la Physique classique. Extrapolant cette image au delà des limites de l'Optique géométrique, il a pu trouver la première forme (valable pour un corpuscule sans spin à l'approximation non relativiste) de l'équation des ondes en Mécanique ondulatoire. Mais, en procédant ainsi, on mettait sur le même pied toutes les lignes de courant, c'est-à-dire tout un ensemble de trajectoires possibles. On perdait donc l'image d'un corpuscule décrivant une trajectoire déterminée et, ne pouvant plus la retrouver, on était acculé à l'une des hypothèses suivantes : ou bien, avec M. Schrödinger, on attribuait exclusivement aux ondes continues une réalité physique et on considérait le corpuscule comme une apparence; ou bien on conservait l'onde et le corpuscule, mais en ne leur attribuant plus qu'une existence fantomatique, le corpuscule étant réparti statistiquement sur un ensemble de trajectoires et ne se localisant plus que lors de certaines observations, l'onde ne possédant plus de son côté que le caractère subjectif d'une représentation de probabilité.

Aucune de ces deux interprétations ne me paraissait satisfaisante et je voyais avec étonnement la seconde, l'interprétation purement probabiliste, l'emporter peu à peu dans l'esprit des théoriciens. C'est pour tenter de l'éviter que

j'ai introduit en 1927, sous le nom de théorie de la double solution, l'image des ondes u à singularité (je dis aujourd'hui des ondes u à région singulière du type « champ à bosse »). Le théorème du guidage que j'avais aperçu dès 1927 me paraissait permettre de comprendre la véritable relation entre l'onde Ψ et l'onde u : la première donnerait par ses lignes de courant une image statistique exacte d'un ensemble de mouvements possibles ; la seconde, représentation plus complète de la réalité physique, montrerait en plus qu'un accident local incorporé à l'onde se déplace le long d'une des lignes de courant, ce qui permettrait de conserver la notion de corpuscule. Ces considérations me portent à croire que l'introduction de l'onde u reste la seule voie pouvant peut-être permettre d'échapper à l'interprétation purement probabiliste.

PHYSIOLOGIE. — *Avitaminose et hypervitaminose* A *du pigeon. Identité de leur séméiologie oculaire*. Note (*) de MM. **Georges Mouriquand**, **Jacques Rollet**, Mme **Violette Édel** et Mlle **Renée Chighizola**.

La nutrition du pigeon pose des problèmes particuliers aussi bien en ce qui concerne ses réactions à l'avitaminose A qu'à l'hypervitaminose A.

Nous avons ailleurs étudié (1) concernant l'avitaminose A, les conditions d'apparition de ses manifestations oculaires.

Le pigeon est considéré par divers auteurs (Siguera, Benedict, Hoët) comme ayant des besoins nuls ou en tout cas très restreints en vitamine A.

Il s'oppose, en particulier au rat qui, à régime carencé égal, développe rapidement des manifestations oculaires de cette avitaminose (apparition des signes biomicroscopiques vers le 17e jour dans nos cas).

Par contre chez le pigeon, par une technique particulière consistant à écarter la menace de l'avitaminose B du type Ejkman, rapidement mortelle, nous avons pu faire développer chez lui suivant les cas au bout de 100, 200 et même 300 jours des accidents oculaires pouvant être rattachés à l'avitaminose A (guérison rapide par de faibles doses d'axérophtol).

Rappelons que les signes oculaires de l'avitaminose A commencent insidieusement par une chûte des plumes entourant l'orifice oculaire, d'où l'aspect dit « lunettes »; puis rapidement les paupières sont le siège de phénomènes de dyskératose, épaississement des bords palpébraux qui se recouvrent de croûtelles, puis la couche de liquide pré-cornéenne devient irrégulière, perd son homogénéité, présente des grumeaux, s'épaissit, la cornée se trouble mais avant que cette dernière ne se dessèche et devienne

---

(*) Séance du 18 juillet 1955.

(1) *C. R. Soc. Biol.*, **136**, 1942, p. 606 (avec J. Coisnard); **142**, 1948, p. 980; **147**, 1953, p. 706.

xérotique, les bords palpébraux épaissis se soudent. Cette occlusion des paupières assure une protection relative à la cornée sous-jacente.

Nous avons avec P. Michel ([2]), dès 1922 obtenu chez le cobaye des signes d'hypervitaminose relevant apparemment de fortes doses de vitamine A (associées à la vitamine D, contenues par l'huile de foie de morue) (vitamine A : 103 mg, vitamine D : 0,60 mg % (L. Randoin et coll.).

Depuis, nombre d'auteurs ont étudié expérimentalement cette hypervitaminose (en particulier Chevallier, Cornil et Chambre (1934), l'un de nous en (1948) ([3]), R. Clément (1951), G. di Macco (1933) ([4]), C. Cohen (1954), A. Giroud (1955), etc.

Les manifestations de l'hypervitaminose A, ont été fréquemment rapprochées de celles de l'avitaminose, en particulier chez le rat.

Nous avons voulu nous assurer de cette ressemblance plus spécialement chez le pigeon, particulièrement résistant, nous l'avons vu, à l'avitaminose A, de la façon suivante :

Si l'on ajoute à la ration équilibrée du chenil une dose de 5 000 UI (UI = 0,3 μgr de vitamine A) de vitamine A de synthèse (palmitate d'axérophtol-arovit) on n'observe même en prolongeant l'expérience pendant plusieurs semaines aucun trouble oculaire (vérification au biomicroscope de Gullstrand) ni général; état normal du poids, du vol, de la marche.

Seul se modifie l'indice chronologique vestibulaire ([5]) (L. Lapicque) ou chronaxie vestibulaire de Bourguignon (C. V.) qui, nous l'avons vu par d'autres exemples ([6]) (alcool, plomb, benzol, etc.) semble capable de nous préciser le degré d'imprégnation toxique. Nous observons avec cette dose d'axérophtol d'abord une élévation de la C. V., passage de 12 à 16 σ entre le 19e et le 29e jour puis retour lent à la C.V. de départ. Aucun trouble oculaire ni périoculaire n'est perçu, le poids, le vol, restent à la normale.

Il n'en est pas de même si nous augmentons fortement la dose (25 000 UI) et d'abord du côté de la C.V. qui s'effondre, et tombe progressivement ou rapidement suivant les cas aux chiffres de 2 ou même 1 σ (normal 11-12 σ).

Après cette période d'intoxication inapparente, uniquement traduite par la chute de la C. V., vers le 50e ou 60e jour d'hypervitaminose apparaissent des troubles oculaires (d'abord au biomicroscope, puis à la vue directe).

Ceux-ci sont caractérisés par les signes suivants : les signes oculaires

---

([2]) *C. R. Soc. Biol.*, 86, 1922, p. 1170.

([3]) G. Mouriquand, *Presse Médicale*, n° 62, 23 octobre 1948, p. 737-738.

([4]) *Ipervitaminosi*, *Estratto dal vol* III *Atti della Societa Italiana di Patologia* [*Congrès de Sienne* (26-29 mars 1953), importante bibliographie].

([5]) La chronaxie neuromusculaire a été recherchée par P. Chauchard au cours de diverses hypervitaminoses (*C. R. Soc. Biol.*, 137, 1943, p. 429).

([6]) G. Mouriquand, V. Édel et R. Chighizola, *Comptes rendus*, 235, 1952, p. 855.

observés sont ici les mêmes que ceux rappelés ci-dessus se produisant au cours de l'avitaminose. On observe en effet une chute des plumes tout autour de l'orifice palpébral, d'où l'aspect dit de « lunettes ». Puis le bord des paupières présente des lésions de dyskératose, épaississement avec formation de croûtelles, avec perturbations de la couche de liquide précornéenne qui perd son homogénéité, devient irrégulière, s'épaissit et présente des grumeaux. Mais on n'observe que rarement des troubles de xérose vraie de la cornée, les bords épaissis des paupières se soudant généralement rapidement apportant une protection de la cornée sous-jacente.

C'est donc à des nuances biomicroscopiques indiscernables (on peut parler d'identité), que se manifestent aussi bien dans l'hypervitaminose que dans l'avitaminose les troubles oculaires et périoculaires chez le pigeon.

Tout se passe, comme si dans les deux cas étaient supprimées (par carence ou intoxication) une ou plusieurs substances indispensables à la nutrition (enzymes?), ici principalement de la zone oculaire (mais aussi générale, les signes oculaires précédant la mort).

Ces faits confirment la notion que carence ou excès vitaminiques peuvent être facteurs d'une même dystrophie.

M. **Pierre Lejay** présente à l'Académie la *Carte des anomalies isostatiques* de la pesanteur en France. Cette carte, au 1/1 000 000e, a été dressée au Bureau gravimétrique qu'il dirige, par les soins de Mlle Suzanne Coron.

L'Ouvrage suivant est présenté par M. **Maurice Caullery** : Pierre Bonnet. *Bibliographia araneorum. Analyse méthodique de toute la littérature araneologique jusqu'en* 1939. Tome II. (1re partie : A-B).

PLIS CACHETÉS.

A la demande de l'auteur, le pli cacheté accepté en la séance du 28 janvier 1952 et enregistré sous le n° 12 927 est ouvert par M. le Président. Le document qui en est retiré sera soumis à l'examen de la Section de Mécanique.

CORRESPONDANCE.

L'Académie est informée de la réunion du **Dixième Congrès international d'Entomologie**, qui se tiendra à Montréal, du 17 au 25 août 1956.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Colloques internationaux du Centre National de la Recherche Scientifique. LV. *Principes fondamentaux de classification stellaire*. Paris, 29 juin-4 juillet 1953.

2° Arthur Birembaut. *Les préoccupations des minéralogistes français au XVIIIe siècle. — Quelques aspects de la personnalité de Lavoisier. — Précisions sur la biographie du mathématicien Vandermonde et de sa famille.*

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la sommabilité* (A) *des séries ultrasphériques*. Note (*) de M. **Pierre Brousse**, présentée par M. Joseph Pérès.

La convergence et la sommabilité (C) des séries ultrasphériques ont été étudiées en particulier par G. Darboux ([1]), E. Kogbetliantz ([2]) et G. Szegö ([3]). Nous étudions directement la sommabilité (A) en associant ces séries à une intégrale d'une équation elliptique ([4]), ([5]).

La présente Note contient les premiers résultats obtenus.

1. Soit $g(\theta)$ une fonction telle que le produit $(\sin\theta)^{2\mu}g(\theta)$ (μ, const. $>1/2$) soit *absolument* intégrable dans l'intervalle $(0, \pi)$. Sa série ultrasphérique $S[g]$ d'ordre μ est

$$\sum_{n=0}^{\infty} a_n C_n^{\mu}(\cos\theta),$$

où C_n^{μ} est le polynome ultrasphérique ou polynome de Gegenbauer.

Soit d'autre part le demi-cercle D, $x^2+y^2<1$, $y>0$, dont le diamètre est AB. Désignons par $M\left(x, y;\ OM=\rho,\ \widehat{AOM}=\omega\right)$ un point de D, par P_0 $\left(0\leqq\theta_0=\widehat{AOP_0}\leqq\pi\right)$ un point de la demi-circonférence frontière.

La sommabilité (A) de $S[g]$ peut s'étudier à partir de l'intégrale de Poisson généralisée ou d'un noyau du plan faisant intervenir la fonction de Legendre de seconde espèce. Plus généralement, cette méthode s'applique à l'étude de la série

$$\mathcal{A}(S[g])=\sum_{n=0}^{\infty} a_n\rho^n C_n^{\mu}(\cos\omega) \qquad (1)$$

(*) Séance du 18 juillet 1955.

([1]) *J. Math.*, 3e série, 4, 1878, p. 5 et 377.

([2]) *Comptes rendus*, 164, 1917, p. 510, 626 et 778; 169, 1919, p. 54; *J. Math.*, 9e série, 5, 1926, p. 125.

([3]) *Orthogonal polynomials* 1939.

([4]) P. Brousse, *Comptes rendus*, 237, 1953, p. 1381.

([5]) A. Huber, *Ann. Math.*, 60, n° 2, 1954, p. 351.

lorsque M tend vers P_0. Non seulement nous généralisons ainsi aux séries ultrasphériques certaines propriétés des séries trigonométriques, mais encore nous obtenons des propriétés particulières provenant de la forme de $g(\theta)$ aux extrémités de l'intervalle $(0, \pi)$.

2. *a*. Si $g(\theta)$ est continue en θ_0, la série $S[g]$ est sommable (A), et plus généralement la série (1) tend vers $g(\theta_0)$ lorsque M tend vers P_0.

Si $g(\theta)$ a une discontinuité de première espèce en θ_0, $(0 < \theta_0 < \pi)$, la série $S[g]$ est sommable (A) avec la somme $(1/2)[g(\theta_0+) + g(\theta_0-)]$; plus généralement la série (1) est la somme d'une fonction linéaire de l'angle $(\overrightarrow{P_0O}, \overrightarrow{P_0M})$ et d'une fonction ayant en P_0 une limite bien déterminée.

b. Lorsque M tend vers A en restant à l'intérieur d'un angle *aigu* BAz, le produit de la série (1) par $(AM)^{2\mu+1}$ reste borné. S'il existe une constante c, $0 \leqq c < 2\mu + 1$, telle que le produit $\theta^c g(\theta)$ soit borné pour $\theta = 0$, l'expression

$$(AM)^c \mathfrak{A}(S[g]) \tag{2}$$

reste également bornée lorsque M tend vers A de façon quelconque. En particulier si $\theta^c g(\theta)$ tend vers γ_0, l'expression (2) est la somme de

$$\frac{\Gamma\left(\frac{1+c}{2}\right)\Gamma\left(\mu + \frac{1-c}{2}\right)}{\sqrt{\pi}\,\Gamma\left(\mu + \frac{1}{2}\right)} \gamma_0 F\left(\frac{c}{2}, \mu - \frac{c}{2}; \mu + \frac{1}{2}; \sin^2 \widehat{BAM}\right)$$

et d'une fonction s'annulant en A.

3. La méthode s'applique également à d'autres séries déduites de la fonction g.

Si la dérivée $g'(\theta_0)$, $0 < \theta_0 < \pi$, existe, la série $T[g]$ suivante

$$-2\mu \sum_{n=1}^{\infty} a_n \sin\theta\, C_{n-1}^{\mu+1}(\cos\theta)$$

est sommable (A) en θ_0 avec la somme $g'(\theta_0)$. Plus généralement la série $\mathfrak{A}(T[g])$ tend vers $g'(\theta_0)$ lorsque M tend vers P_0 en restant entre deux cordes de D issues de P_0 et non nulles (généralisation d'un théorème de P. Fatou).

Si dans un intervalle I de $(0, \pi)$ la fonction $g(\theta)$ a une dérivée satisfaisant à une condition de Hölder, la série

$$\sum_{n=1}^{\infty} n a_n C_n^{\mu}(\cos\theta)$$

est uniformément sommable (A) dans tout intervalle intérieur à I.

Enfin, nous étudions de même les deux séries « conjuguées »

$$(\sin\theta)^{2\mu-1} \sum_{n=0}^{\infty} a_n C_n^{\mu}(\cos\theta),$$

$$\frac{1}{2(1-\mu)} \sum_{n=0}^{\infty} (n + 2\mu - 1)\, a_n C_{n+1}^{\mu-1}(\cos\theta).$$

4. Parmi les conséquences citons la suivante : soit $W(x, y)$ une solution de l'équation

$$\Delta W(x, y) + \frac{2\mu}{y}\frac{\partial W(x, y)}{\partial y} = 0$$

régulière dans D et telle que le produit $y^{2\mu-1} W(x, y)$ s'annule sur AB (extrémités exclues). Si l'ensemble des points de AB où la fonction $W(x, y)$ prend une valeur donnée K a un point d'accumulation *intérieur* à AB, cette fonction est égale à K dans le domaine D entier.

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Sur une propriété invariante des fonctions aléatoires à symétrie hypersphérique avec composantes gaussiennes et stationnaires.* Note (*) de M. **Harold Hornby**, présentée par M. Joseph Pérès.

Soient les fonctions aléatoires $X_e(t)$ $(e = 1, \ldots, M)$, mutuellement indépendantes et identiquement distribuées; chacune étant une fonction aléatoire gaussienne et stationnaire du second ordre, centrée sur son espérance mathématique, avec fonction de covariance, $\Psi(\tau) \equiv \Psi_\tau$ possédant des dérivées de tous ordres. Formons

$$Y(t) = X_1(t) + \ldots + X_M(t)$$

et

$$Z(t) = R^2(t) = X_1^2(t) + \ldots + X_M^2(t).$$

Nous avons démontré dans une Note récente [1] que la fonction caractéristique de la famille $\{Z(t_1), \ldots, Z(t_r), Y(t_{r+1}), \ldots, Y(t_N)\}$ est alors

$$f(u_1, \ldots, u_r, t_{r+1}, \ldots, t_N) = \left\{\frac{A(0)}{A(2i\Delta u)}\right\}^{\frac{M}{2}} \exp\left[-\frac{M}{2} tbt'\right].$$

On peut déduire facilement que la fonction caractéristique du couple $\{Z(t_1), Y(t_2)\}$ est donnée par

$$f(u, t) = (1 - 2iu\Psi_0)^{\frac{M}{2}} \exp\left\{-\frac{1}{2} t^2 \Psi_0^{\text{IV}}(1-\rho^2) - \frac{1}{2} t^2 \rho^2 \Psi_0^{\text{IV}}(1 - 2iu\Psi_0)^{-1}\right\},$$

où $\rho^2 = (\Psi''_0)^2 \{\Psi_0 \Psi_0^{\text{IV}}\}^{-1}$, et l'on a choisi $Y(t_2) \equiv R''(t_1)$.

Il s'en suit que la fonction de répartition du couple est donnée par

$$W(x, y) = \frac{\left(\frac{x}{2\Psi_0}\right)^{\frac{M}{2}-1} e^{-\frac{x}{2\Psi_0}}}{\pi\sqrt{2}(2\Psi_0)\{\Psi_0^{\text{IV}}(1-\rho^2)\}^{\frac{1}{2}}} \sum_{p=0}^{\infty} \left\{\frac{-x\rho^2}{2\Psi_0(1-\rho^2)}\right\}^p \times \frac{\Gamma\left(\frac{1}{2}\right)}{\Gamma\left(p+\frac{M}{2}\right)} \frac{2^{-p}}{p!} O_p\left(\frac{y^2}{\Psi_0^{\text{IV}}(1-\rho^2)}\right) \exp\left\{\frac{-y^2}{2\Psi_0^{\text{IV}}(1-\rho^2)}\right\}$$

(*) Séance du 18 juillet 1955.

[1] *Comptes rendus*, 240, 1955, p. 2480.

où

$$O_p(\omega^2)\,e^{-\frac{\omega^2}{2}} = \underbrace{\frac{d}{d\omega}\left[\frac{1}{\omega}\left\{\frac{d}{d\omega}\,\frac{1}{\omega}\left[\frac{1}{\omega}\,\frac{d}{d\omega}\cdots\frac{d}{d\omega}\left(\omega^{2p-1}e^{-\frac{\omega^2}{2}}\right)\cdots\right]\right\}\right]}_{p\text{—uple}};$$

en effet,

$$O_p(\omega^2) = \frac{(2p)!}{2^p}\sum_{r=0}^{p}\frac{(-2\omega^2)^r}{(p-r)!\,(2r)!}.$$

En vertu de l'identité,

$$e^{-t}\sum_{r=0}^{\infty}\frac{(st)^r}{(2r)!} \equiv \sum_{p=0}^{\infty}(-1)^p t^p \frac{\Gamma\left(\frac{1}{2}\right)}{\Gamma\left(p+\frac{1}{2}\right)}\,\frac{(2p)!}{2^{2p}p!}\sum_{r=0}^{p}\frac{(-s)^r}{(p-r)!\,(2r)!},$$

l'on peut montrer pour le cas $M = 1$ que

$$W(x, y) = \frac{x^{-2}}{4\pi\{\Psi_0\Psi_0^{IV}(1-\rho^2)\}^{\frac{1}{2}}}\left[\exp\left\{-\frac{1}{2}\,\frac{\Psi_0^{IV}x - 2\Psi''_0 x^{\frac{1}{2}}y + \Psi_0 y^2}{\Psi_0\Psi_0^{IV}(1-\rho^2)}\right\} + \exp\left\{-\frac{1}{2}\,\frac{\Psi_0^{IV}x + 2\Psi''_0 x^{\frac{1}{2}}y + \Psi_0 y^2}{\Psi_0\Psi_0^{IV}(1-\rho^2)}\right\}\right];$$

résultat que l'on peut aussi obtenir autrement.

LEMME. — *Si* $W(\xi, \eta, \zeta)$ *représente la fonction de répartition de la famille* $\{Z(t), R'(t), R''(t)\}$, *l'espérance mathématique du nombre des maxima de la fonction aléatoire* $Z(t)$, *dans l'intervalle* $(t, t+dt)$, *est donnée par*

$$N(t)\,dt = dt\int_0^{\infty}d\xi\int_0^{\infty}\zeta\,W(\xi, 0, \zeta)\,d\zeta \quad (^2).$$

Visiblement dans le cas $M = 1$,

$$N(t) = \frac{1}{2\pi}\left\{\frac{-\Psi_0^{IV}}{-\Psi''_0}\right\}^{\frac{1}{2}}$$

et ce résultat est valable pour M quelconque, parce que en général,

$$(1)\quad \int_0^{\infty}d\xi\int_0^{\infty}\zeta\,W(\xi, \zeta)\,d\zeta = \frac{\{\Psi_0^{IV}(1-\rho^2)\}^{\frac{1}{2}}}{\sqrt{2\pi}}\sum_{p=0}^{\infty}\left(\frac{-\rho^2}{1-\rho^2}\right)^p\sum_{r=0}^{p}(-1)^r\frac{\Gamma\left(p+\frac{1}{2}\right)}{(p-r)!\,\Gamma\left(r+\frac{1}{2}\right)}$$

est indépendant de M. De plus $W(\xi, \eta, \zeta) = W(\eta)\,W(\xi, \zeta)$ par raison de l'indépendance de $R'(t)$ et le couple $\{Z(t), R''(t)\}$, et l'on peut vérifier que la somme double de l'expression (1) est égale à $(1-\rho^2)^{-\frac{1}{2}}$.

D'une façon analogue nous pouvons démontrer l'existence d'une autre propriété invariante; l'espérance mathématique du nombre des maxima de la

(2) RICE, *Noise and Stochastic Processes*, Nelson Wax, Dover, 1954.

vitesse de la fonction aléatoire $R(t)$, dans l'intervalle $(t, t+dt)$, est donnée pour M quelconque, par

$$V(t) = \left\{ 2\pi(\Psi_0^{IV})^{+\frac{1}{2}} \right\}^{-1} (-\Psi_0^{VI})^{\frac{1}{2}}.$$

MÉCANIQUE ALÉATOIRE. — *Le principe de Carnot, du point de vue aléatoire.* Note (*) de M. **Georges Dedebant**, présentée par M. Joseph Pérès.

Il n'est jamais sans intérêt de confronter les principes classiques de la Thermodynamique avec les nouveaux concepts introduits par la théorie des fonctions aléatoires. Ci-après on expose une interprétation *stochastique* du principe de Carnot.

1. Soit deux thermostats T_0 et T_1 ($T_0 < T_1$) entre lesquels ont fait travailler un gaz, réduit pour plus de simplicité à un seul degré de liberté; U est la vitesse aléatoire de la molécule; on admet pour la fonction de distribution du couple $u_0 u_1$:

$$g(u_0, u_1) = \frac{1}{2\pi k\sqrt{T_0 T_1(1-r^2)}} \exp\left(-\frac{T_1 u_0^2 - 2r\sqrt{T_0 T_1}\, u_0 u_1 + T_0 u_1^2}{2k T_0 T_1 (1-r^2)}\right),$$

$r(T_0, T_1)$, coefficient de corrélation; $r(T, T) = 1$; k, constante de Boltzmann.

Schématiquement, le principe de la machine thermique consiste à *regrader* l'énergie moléculaire, du niveau thermique T_0 au niveau T_1, et à transformer ensuite en travail mécanique l'énergie noble ainsi acquise.

On imagine que dans sa transformation de T_0 à T_1, le gaz passe continûment par toutes les températures intermédiaires $T(T_0 \leqq T \leqq T_1)$, et l'on choisit T comme paramètre d'évolution. U devient alors une *fonction aléatoire* U/T, qu'on peut représenter aussi par un *processus stochastique*.

La distribution de U/T_1 est la loi liée de U_1 pour $U_0 = u_0$; elle se résume par les moments : $\overline{U/T_1} = kru_0$; $\sigma^2(U/T_1) = kT_0(1-r^2)$. Le second est la fraction d'énergie regradée au niveau T_1, de l'énergie moléculaire du niveau T_0; quant à $k\overline{\overline{U/T_1}}^2 = kT_0 r^2$, c'est la fraction *non compensée* dans cette regradation. La somme des deux est kT_0, conformément au premier principe.

En conséquence, le rendement de l'opération est $\rho = 1 - r^2$. Ajoutons maintenant que le processus stochastique est une *chaîne simple de Markoff*; alors, comme l'a montré J. Bass [1], l'équation de Chapman signifie que les opérateurs « de passage », qui transforment les densités de probabilité $f(u) = \int g(u_1 u_0)\, du_0$, forment un *semi-groupe*, dont la loi de composition se

(*) Séance du 18 juillet 1955.

(1) *Les méthodes modernes du calcul des probabilités et leur application au problème de la turbulence*, p. 92.

traduit par l'équation fonctionnelle :

$$r^2(T_0, T_1) = r^2(T_0, T)r^2(T, T_1)$$

et dont la solution est $r^2 = f(T_0)/f(T_1)$; f continue, non décroissante. Le rendement est donc : $\rho = 1 - f(T_0)/f(T_1)$; le rendement maximum de Carnot correspond à $f(T) = T$, ce qui veut dire que le processus est à éléments orthogonaux : $U = U_0 + \int_{T_0}^{T} \delta U$, $(\overline{U\,\delta U} = 0)$. Ce schéma est en effet caractérisé par $r(T_0, T) = \sqrt{T_0/T}$.

Dans la représentation hilbertienne de U/T comme une trajectoire, le fait que le processus orthogonal correspond au maximum de ρ, signifie que l'angle des vecteurs $(U, \delta U)$ est *obtus*; en d'autres termes que « la force de frottement hilbertienne accomplit toujours un travail négatif ». Telle est la forme aléatoire de l'impossibilité du mouvement de deuxième espèce.

2. Le rendement maximum se rattache aussi à un maximum de probabilité; celle-ci est selon Boltzmann :

$$\log \overline{\omega} = -\int g \log g \, du_0 \, du_1 = \log 2\pi k \sqrt{T_0 T_1 (1 - r^2)}.$$

Si $\overline{\omega}_0$ est la probabilité correspondant au processus « inconnex » (ou hasard pur), $\overline{U_0 U} = 0$, on a $\overline{\omega}/\overline{\omega}_0 = \sqrt{1 - r^2} = \sqrt{\rho}$; par suite le rendement de Carnot correspond au mode d'interaction le plus probable, entre les deux sources.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Sur la structure du choc oblique raccordant deux écoulements uniformes.* Note (*) de M. **Charles Roumieu**, présentée par M. Joseph Pérès.

L'étude des écoulements plans permanents d'un fluide visqueux et conducteur de la chaleur tels que les composantes de la vitesse, la pression et la densité ne dépendent que de x, permet d'étendre au choc oblique les résultats de Gilbarg et Paolucci [1] concernant le choc droit.

Les équations générales des écoulements plans permanents s'écrivent, lorsqu'on suppose que les composantes u, v de la vitesse, et l'état thermodynamique ne dépendent que de x :

$$(1) \quad \begin{cases} (\rho u)_x = 0; \\ \rho u u_x + p_x = [(\lambda + 2\mu) u_x]_x; \qquad \rho u v_x = (\mu v_x)_x; \\ \rho u e_x + p u_x = (\lambda + 2\mu) u_x^2 + \mu v_x^2 + [k T_x]_x; \end{cases}$$

(*) Séance du 18 juillet 1955.

(1) *Journal of rational mechanics and analysis*, n° 4, octobre 1953.

e désigne l'énergie interne et T la température absolue, λ et μ les deux coefficients de viscosité, k la conductibilité thermique; en général, λ, μ, k, dépendent de l'état thermodynamique.

Les équations précédentes admettent des intégrales premières très simples et peuvent être remplacées par le système

$$(2)\qquad \frac{m}{\mu}\,dx = \frac{\frac{k}{\mu}\,dT}{e - \frac{u^2+v^2}{2} + au + bv - h} = \frac{\frac{\lambda+2\mu}{\mu}\,du}{u - a + \frac{p}{m}} = \frac{dv}{v-b}; \qquad \rho u = m.$$

m, a, b, h sont des constantes. Les propriétés physiques du fluide font connaître e, p, λ, μ, k en fonction de T et de ρ, de sorte qu'on est ramené à l'étude d'un système différentiel du premier ordre entre les variables u, v, T.

Parmi les solutions de ce système, les plus intéressantes sont celles pour lesquelles u, v, T, p, ρ, e tendent vers des constantes lorsque x tend vers $+\infty$ ou vers $-\infty$. Ces constantes doivent satisfaire aux trois équations obtenues en annulant les dénominateurs du système (2); en affectant de l'indice o les grandeurs relatives à $x = -\infty$, et de l'indice 1 celles relatives à $x = +\infty$, et en éliminant a, b, h, on obtient les relations

$$(3)\qquad \left\{\begin{array}{l} \rho_0 u_0 = \rho_1 u_1 = m; \qquad v_0 = v_1; \\ m u_0 + p_0 = m u_1 + p_1; \\ m\left[e_0 + \frac{u_0^2+v_0^2}{2}\right] + p_0 u_0 = m\left[e_1 + \frac{u_1^2+v_1^2}{2}\right] + p_1 u_1. \end{array}\right.$$

Ce sont les conditions auxquelles doivent satisfaire deux écoulements uniformes (u_0, v_0), (u_1, v_1) raccordés par un choc perpendiculaire à ox.

Il existe une intégrale du système (2) joignant les points (u_0, v_0, T_0) et (u_1, v_1, T_1). L'écoulement visqueux correspondant est asymptote, pour $x = -\infty$ et pour $x = +\infty$, aux écoulements uniformes correspondants. On peut l'appeler choc diffus. Lorsque λ, μ, k varient proportionnellement, les lignes de courant restent semblables à elles-mêmes, et elles tendent vers l'angle formé par leurs asymptotes lorsque λ, μ, k tendent vers zéro. Le lieu du sommet de cet angle est l'onde de choc.

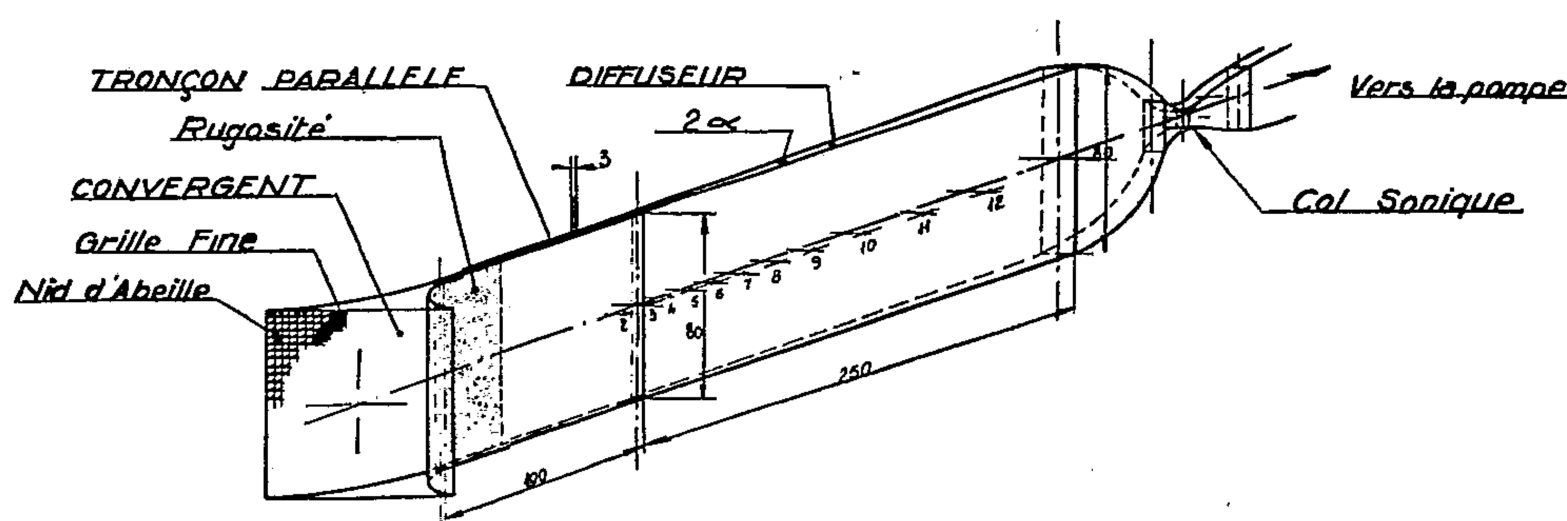
L'intégrale du système (2) joignant les points (u_0, v_0, T_0), (u_1, v_1, T_1) est nécessairement située dans le plan $v = b$, puisque du/dx ne peut changer de signe en dehors de ce plan; donc, dans le choc diffus, la composante de la vitesse parallèle au choc est constante. La composante perpendiculaire au choc est identique à ce qu'elle serait dans un choc droit.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Description d'un tunnel aérodynamique bi-dimensionnel pour l'étude des régimes variés et appareils de mesure utilisés.* Note (*) de M. **Jean-Pierre Milliat**, présentée par M. Joseph Pérès.

Dans le cadre de recherches sur les écoulements turbulents à frottement tangentiel, nous avons entrepris l'étude de l'écoulement dans un divergent bi-dimensionnel dont l'angle total peut varier entre o et 6°. Nous décrivons ici le tunnel et les appareils de mesure utilisés.

Une vue perspective de l'installation est donnée dans la figure ci-dessous.

L'air est aspiré à l'aval du tunnel par l'intermédiaire d'un col sonique, fixant ainsi un débit rigoureusement constant et indépendant des fluctuations de la pompe d'aspiration; un jeu de cols de sections différentes permet d'étudier des écoulements de débits différents.



Le tunnel, d'une hauteur constante de o,8o m, est précédé par un convergent d'entrée de rapport de contraction latéral égal à 3o, muni d'un filtre du type nid d'abeille (maille carrée de 2 cm de côté et de 6 cm de longueur) et d'une grille fine (maille de o,8 mm, fil de o,3 mm de diamètre); un premier tronçon à parois parallèles, de 1 m de longueur et de 3 cm de largeur, permet l'établissement d'un régime uniforme à l'entrée du divergent qui lui fait suite (la première partie de ce tronçon est tapissée sur toute sa hauteur et sur une longueur de 2o cm d'un papier rugueux ayant pour double effet d'accélérer l'épaississement des couches limites et de fixer la transition entre couche limite laminaire et turbulente); le tronçon divergent d'une longueur de 2,5 m est raccordé au premier tronçon par des joints élastiques en tôle d'acier; les parois du tunnel sont en tôle de duralumin, de 15 mm d'épaisseur, parfaitement polies intérieurement, supportées par des équerres liées à un bâti fixe.

Les sections transversales de mesure sont situées dans le plan horizontal

(*) Séance du 18 juillet 1954.

médian du tunnel; la première section, à l'aval du premier tronçon, permet d'étudier l'écoulement avant son entrée dans le divergent; dix autres sections sont réparties le long du divergent, dont les distances x (à partir d'une origine définie par le point fictif d'intersection des prolongements des parois parallèles et des parois divergentes) sont, dans le cas d'un angle total de 2°, respectivement égales à 3,5, 15,4, 30,3, 44,4, 58,6, 76,7, 94,8, 124,8, 154,8 et 204,8 cm.

Dans les différentes sections, nous avons essentiellement mesuré les répartitions des vitesses moyennes au Pitot, et les répartitions des fluctuations longitudinales des vitesses, ainsi que diverses valeurs statistiques associées à ces fluctuations, à l'anémomètre à fil chaud.

Pour les mesures des vitesses moyennes, la pression statique est prise à la paroi, par l'intermédiaire de deux prises de 0,5 mm de diamètre percées au droit de chaque section de mesure; la pression dynamique est donnée par une sonde hypodermique (de diamètre intérieur égal à 0,6 mm) fixée à un système de traversée essentiellement constitué par une vis micrométrique, permettant d'apprécier facilement un déplacement transversal de la sonde à 1/100e de millimètre près; le manomètre Casella utilisé assure une précision de 1/20e de millimètre sur la valeur de la hauteur manométrique. La gamme des vitesses ainsi mesurées s'étend entre 6 et 45 m/s; l'erreur relative sur les valeurs des vitesses est inférieure à 1/100e (pour 6 m/s) et diminue rapidement lorsque la vitesse croît. Ces mesures sont de plus corrigées de l'effet de turbulence sur la pression dynamique, et du déplacement du centre effectif de la sonde dû au gradient de vitesse.

L'appareil que nous avons construit et utilisé pour les mesures de turbulence est un anémomètre à fil chaud à température constante, dont les schémas conçus par M. P. Hubbard nous ont été communiqués par M. H. Rouse. Cet appareil a une courbe de réponse en amplitude pratiquement constante jusqu'à une fréquence de fluctuation de 10 000 cps, le déphasage à cette fréquence étant inférieur à 20°; il est pourvu d'un système de linéarisation entre l'intensité du courant traversant le fil et la vitesse moyenne de l'air au droit du fil.

Le fil utilisé est en platine, d'une longueur de 0,5 mm et de 4 μ de diamètre; il est soudé entre deux aiguilles de laiton, elles-mêmes fixées sur une sonde en matière isolante; cette sonde est déplacée dans la transversale de mesure par le mécanisme de traversée décrit ci-dessus; les faibles dimensions de cet instrument permettent d'effectuer des mesures jusqu'à une distance de 0,1 mm de la paroi, c'est-à-dire jusqu'à l'intérieur de la couche laminaire.

L'appareil ainsi équipé d'un fil simple permet de mesurer d'une part la vitesse moyenne U de l'air au droit du fil, d'autre part toutes valeurs statistiques associées aux fluctuations longitudinales u de cette vitesse;

c'est ainsi que nous avons déterminé les valeurs quadratiques moyennes de u, de la dérivée première $\partial u/\partial t$, de la dérivée seconde $\partial^2 u/\partial t^2$ ainsi que $\overline{(\partial u/\partial t)^3}$ et $\overline{(\partial u/\partial t)^4}$. En envoyant le signal donné par le fil, dans un analyseur d'onde, on peut en outre déterminer la distribution spectrale de l'énergie des fluctuations longitudinales, dans une gamme de fréquence comprise entre 20 et 10 000 cps.

Aucune correction de longueur de fil n'a été appliquée aux mesures de la valeur quadratique moyenne de u, l'ordre de grandeur de cette correction ne dépassant pas, dans nos conditions d'essai, le 1 %.

ASTROPHYSIQUE. — *Sur la possibilité de découvrir les nébuleuses et étoiles faibles*. Note de MM. **André Lallemand** et **Maurice Duchesne**, présentée par M. André Danjon.

L'effet photoélectrique extérieur permet de détecter les plus faibles flux lumineux. L'emploi de l'optique électronique permet d'obtenir une image de l'objet que l'on détecte.

Nous avons (1) pu ainsi obtenir des images d'objets faiblement lumineux avec des temps de pose 100 fois plus courts que par les moyens de la photographie classique. Ces procédés de photographie électronique peuvent avoir des applications intéressantes en Astrophysique pour l'étude des spectres des étoiles et des nébuleuses très faibles. Comme dans l'emploi de la cellule à multiplicateurs d'électrons, qui utilise aussi l'effet photoélectrique extérieur, on se heurte à une très grande difficulté : celle d'identifier l'objet que l'on étudie. En d'autres termes, si l'on veut pénétrer plus profondément dans l'espace intergalactique pour y étudier les nébuleuses, il faut auparavant en dresser la carte et identifier les objets. Les cartes sont obtenues par photographie avec de puissants instruments.

Aujourd'hui avec le grand télescope du Mont Palomar, les plaques (103*a*O) sont voilées par la lumière du ciel nocturne avec des poses ne dépassant pas 30 mn; la prolongation du temps de pose entraînerait une perte d'informations (2); au contraire, l'effet photoélectrique permet d'étudier des astres que la plaque photographique est impuissante à découvrir.

Pour découvrir ces nébuleuses sur la plaque photographique il faudrait qu'elle soit capable de mettre en évidence des contrastes très petits. Or l'apparition d'un faible contraste est lié à la fluctuation de la réponse du récepteur; c'est l'analogue du rapport signal/bruit des radioélectriciens. Dans le cas de la détection d'une nébuleuse la fluctuation de la réponse a deux causes :

(1) A. Lallemand et M. Duchesne, *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 305.

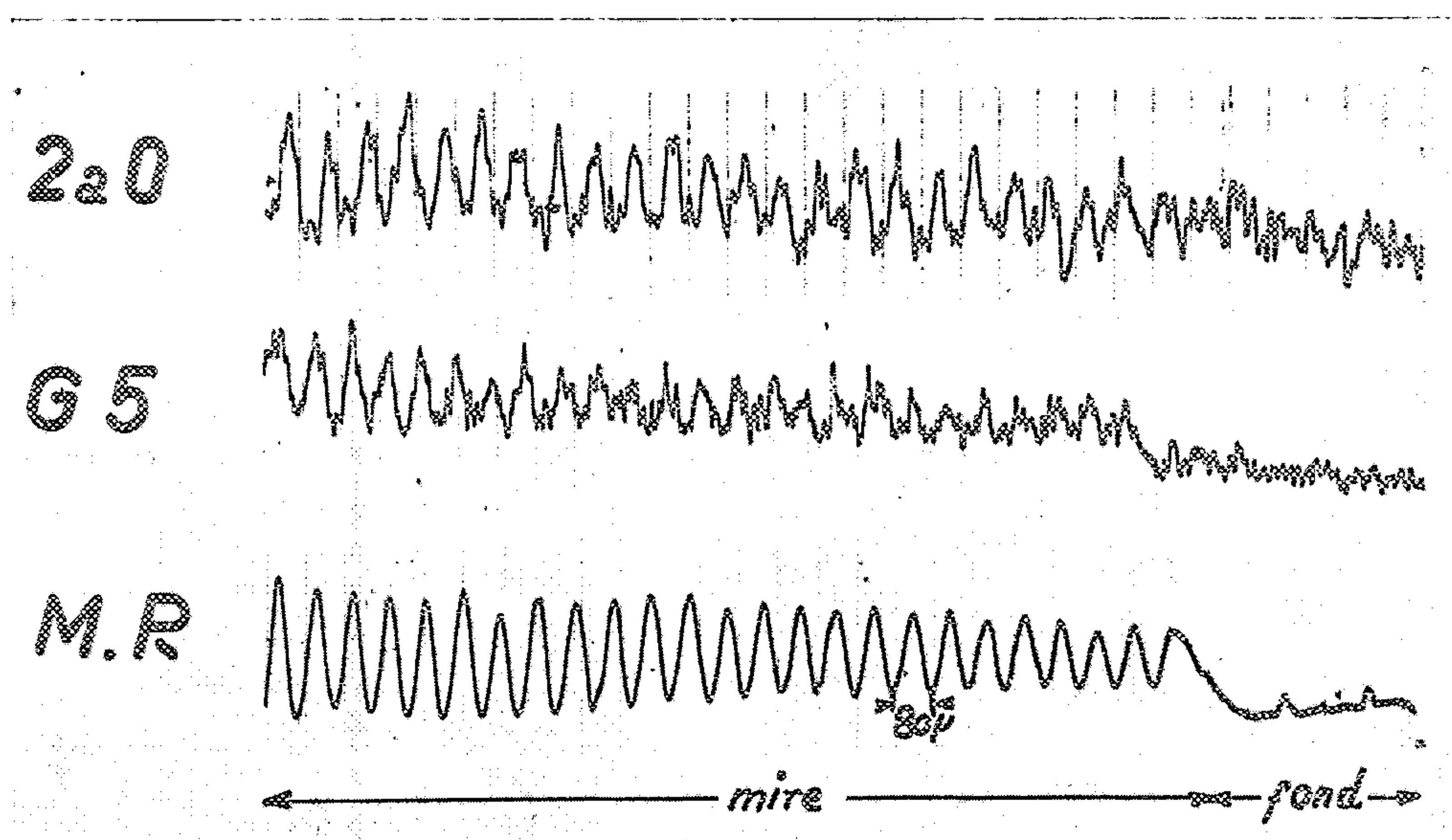
(2) O. Struve, *Sky and Telescopes*, 186, mars 1955.

1° les dimensions finies du grain de la plaque;

2° la nature aléatoire de l'émission des photons par le ciel nocturne et la nébuleuse.

En photographie classique la première cause de fluctuation est de beaucoup la plus importante; il faudrait donc pouvoir utiliser des plaques possédant des grains d'une finesse extrême; mais de telles plaques sont inutilisables par manque de sensibilité. La deuxième cause de fluctuation peut avoir ses effets atténués en augmentant le nombre de photons enregistrés, à condition que la réponse du récepteur reste linéaire.

Pour la méthode de photographie électronique que nous avons proposée la plaque à électrons, qui enregistre l'image de la nébuleuse, peut avoir un grain très fin et une réponse linéaire dans un large domaine. Par exemple, la plaque à électrons Ilford C 2 ou G 5 possède des grains dont le diamètre est voisin de 0,1 μ, alors que pour la plaque Kodak 103*a*O le diamètre des grains est de l'ordre de 2 μ. Pour réaliser un récepteur très sensible, nous avons souvent utilisé des plaques Ilford C 2 et G 5 et des électrons accélérés avec des tensions voisines de 40 kV. Dans ces conditions, le « bruit »



est donné par la fluctuation du nombre de photons, car un seul électron produit 10 à 15 grains d'argent; si l'on augmente le temps de pose la plaque à électrons est rapidement saturée; on peut diminuer la tension accélératrice, afin d'obtenir un grain d'argent par électron : le récepteur est alors capable d'enregistrer de plus faibles contrastes. Nous avons trouvé qu'il était possible d'aller plus loin dans cette voie en utilisant les plaques dites sans grains, comme Maximum Resolution de Kodak, qui

possèdent un pouvoir séparateur de 1000 traits/mm. Le microphotomètre est incapable de montrer leur granulation et elles sont encore très sensibles aux électrons et très peu sensibles à la lumière. Utilisées dans notre dispositif, elles permettent d'obtenir des images avec des temps de pose comparables à ceux de la photographie classique, mais elles sont alors capables d'enregistrer un nombre d'informations beaucoup plus grand que les plaques ordinaires et de faire apparaître des contrastes très faibles.

La figure illustre les résultats obtenus; elle représente l'enregistrement au microphotomètre de la photographie d'une mire éclairée faiblement obtenue :

1° sur plaque classique 2*a*O Kodak (origine Rochester);

2° sur plaque à électrons Ilford G 5;

3° sur plaque Maximum Resolution Kodak (M. R.).

La première plaque a été impressionnée par des photons et les deux autres par des photoélectrons.

ASTROPHYSIQUE. — *Spectre d'émission de la comète* Mrkos 1955. *Identification dans le rouge d'un nouveau système de bandes de la molécule* C_3. Note de Mme Renée Herman et M. Hector Rojas, présentée par M. André Danjon.

L'identification de la région rouge du spectre cométaire à la bande α de NH_3 ne paraissant pas satisfaisante, nous proposons d'attribuer un certain nombre de bandes observées entre 5 900 et 6 800 Å à une molécule carbonée, vraisemblablement identique à celle qui est responsable de l'émission du groupe 4 050.

Nous avons pu photographier le spectre de la comète *Mrkos* 1955, le 18 juin 1955. La pose a été faite de 1 h 10 m à 2 h 10 m T. U., sur plaque Eastman Kodak 103 *a*-F, à l'aide du spectrographe à un prisme de flint, attaché au télescope de 120 cm de l'Observatoire de Haute-Provence. La dispersion est de 300 A/mm vers 6 500 A. L'image de la fente du spectrographe sur la plaque était de 15 μ environ. L'emploi d'une fente fine (inférieure au grain de la plaque) permettait d'affaiblir notablement l'intensité du spectre continu.

La magnitude de la comète était un peu supérieure à 6 et sa distance au soleil de l'ordre de 0,64.

Ce spectre contient la bande 3 883 de CN, les bandes de C_2 et un important groupe situé entre 5 900 et 6 800 Å. Dans cette région, le spectre de la tête des comètes est, comme on le sait, d'une structure complexe. On a généralement cherché à identifier ce groupe à la bande α du spectre de NH_3. Il nous a paru difficile de maintenir cette identification, tout au moins pour les bandes les moins fortes, la comparaison de la répartition d'intensité des spectres cométaires à ceux obtenus avec NH_3 au labora-

toire dans diverses conditions expérimentales (¹) ne paraissant pas satisfaisante, comme on l'avait déjà signalé.

La structure complexe de ces bandes rouges suggère que l'émetteur est une molécule polyatomique. Leur aspect rappelle celui du groupe 4 050 de la molécule C_3. Nous avons donc cherché si les deux groupes possédaient une structure semblable.

Les longueurs d'onde des radiations les plus intenses des bandes rouges, que nous appellerons groupe 6 620, sont portées dans la colonne 1 du tableau, les nombres d'onde correspondants figurent dans la colonne 2; la colonne 3 donne les nombres d'onde obtenus en ajoutant 9 578 cm^{-1} aux nombres de la colonne précédente; les longueurs d'onde correspondant à ces dernières valeurs sont inscrites dans la colonne 4. Enfin, la colonne 5 contient les longueurs d'onde du groupe 4 050 tel qu'il est observé dans les comètes.

On voit que la correspondance est assez bonne, compte tenu du manque de précision dans le domaine observé et de la dispersion des mesures des divers observateurs pour le groupe 4 050.

6 507	15 364	24 942	4 008	4007	16 984	5 886	(5 895)
6 529	15 312	24 890	4 016	4013 4017 4021	16 932	5 904	5 904
6 553	15 256	24 834	4 025	4026	16 876	5 924	(5 933)
6 583	15 183	24 764	4 037	4039	16 806	5 948	5 945
6 603	15 140	24 718	4 044	4043	16 760	5 965	5 964
6 618	15 106	24 684	4 050	4051	16 726	5 977	5 977-5 979
6 645	15 045	24 623	4 060	4060	16 665	5 999	5 937-6 000
6 672	14 984	24 562	4 070	4068	16 604	6 021	6 020
6 686	14 952	24 530	4 075	4074	16 572	6 032	6 028
6 751	14 808	24 386	4 100	4100	16 428	6 085	6 083

La colonne 6 du tableau a été obtenue en ajoutant 1620 cm^{-1} aux nombres de la deuxième colonne, la colonne 7 donne les longueurs d'onde correspondant à ces nombres d'onde et la dernière colonne, les longueurs d'onde mesurées dans le spectre de la comète *Mrkos*. On constate que le groupe de bandes centré sur 5 978 Å doit être émis par la même molécule.

La différence de 1620 cm^{-1}, existant entre les nombres d'onde de ces deux groupes de bandes, est voisine de la fréquence de vibration 1640 cm^{-1} du groupement —C=C— et de la constante $\omega_0 = 1615$ cm^{-1} de la

(¹) W. B. Rimmer, *Proc. Roy. Soc. London*, A, 103, 1923, p. 696; P. Swings, A. Mc Kellar et R. Minkowski, *Astrophys. J.*, 98, 1943, p. 142; C. Fehrenbach et G. Courtès, *Ann. Astrophys.*, 12, 1949, p. 66; P. Proisy, *Ann. Phys.*, 8, 1953, p. 5; J. Dufay, *Comptes rendus*, 222, 1946, p. 51.

molécule C_2 au niveau fondamental. La molécule responsable de ces émissions renferme donc très probablement le groupement —C=C—.

Dans un travail précédent sur la molécule C_3 et le groupe 4 050 ([2]), nous avons signalé quelques niveaux électroniques susceptibles d'être formés à partir de trois atomes C (^{3}P). La transition entre deux niveaux excités fournit une valeur de 14 860 cm^{-1}, soit 6 720 Å, justement dans la région des nouvelles bandes cométaires. Le calcul de termes électroniques de la molécule C_3 présente ainsi un nouvel intérêt.

ASTROPHYSIQUE. — *Vitesses radiales de l'hydrogène interstellaire en émission des régions* H II *lointaines*. Note de M. **Georges Courtès**, présentée par M. André Danjon.

Les nébulosités étudiées dans cette Note ont été choisies dans une région galactique ou l'on peut s'attendre à un fort effet de vitesse radiale négatif, de — 10 à — 16 km/s par kiloparsec, dû à la rotation différentielle de la Galaxie. On trouve bien le résultat attendu qui peut être considéré comme une confirmation de la distance de ces astres ([3]).

Ces recherches ont été effectuées avec un étalon de Pérot et Fabry à couches multiples, monté, soit sur une lunette de 15 cm (clichés 34 et 35), soit sur le télescope de 120 cm de l'Observatoire de Haute-Provence pour les autres clichés.

Chaque série de mesures ne correspond pas rigoureusement à la même région; de plus les clichés 34 et 35 ont un champ qui correspond à l'ensemble de la nébuleuse, alors que les autres clichés intéressent en moyenne, un champ de 10′ dans les régions les plus intenses (mesures individuelles espacées d'environ 1′).

Les épaisseurs des étalons étaient les suivantes :

1° 350 μ; pour estimer rapidement le sens et l'ordre de grandeur de la vitesse radiale.

2° 670 et 2 000 μ. Les clichés correspondants ont été mesurés au comparateur et donnent les résultats suivants (tableau I) que l'on confronte avec les vitesses radiales des étoiles et des raies d'absorption interstellaires.

Le tableau II donne le détail des mesures pour la meilleure et pour la moins bonne des déterminations. On constate le bon accord des mesures faites avec les deux étalons. Les différences de vitesse d'une mesure à l'autre restent faibles à l'intérieur de chaque nébuleuse ([1]).

([2]) R. Goupil et R. Herman, *Ann. Astrophys.*, 16, 1953, p. 444.

([1]) *Mémoires de la Soc. Roy. des Sciences de Liége*, 4e série, 15, juillet 1954, p. 455.

TABLEAU I.

Rég. H II.	Vitesse radiale : raie Hα.	Vitesse radiale : interst. Wilson.	Vitesse radiale : interst. moyenne G. Münch (2).	Vitesse radiale : Étoile Wilson.	Étoile (5).	Type.	Mag.	Distance (K par sec) (3).	Distance (K par sec) rot. diff. (4).
IC 1805...	−48,0	− 9	(−47)	−50	HD 15558	O5*f*	7,8	2,0	2,7
IC 1848...	−36,4	−18,6	(−47)	−17	HD 17505	O7	7,1	2,0	2,0
		−16,9		−40	HD 18326	BO*n*	7,9		
NGC 7380...	−47,7	−26,8	(−55)	−35,4	HD 215835	O5*f*	7,8	2,5	3,5
NGC 7635...	−54,8	−22,6	(−55)	−46	HD 225160	O8*e*	8,6	2,8	3,6

TABLEAU II.

Régions H II.	Mesure de l'effet Doppler-Fizeau (Hα).			Régions H II.	Mesure de l'effet Doppler-Fizeau (Hα).	
Étalon ...	670 μ.	670 μ.	2 000 μ.		670 μ.	2 000 μ.
Cliché....	n° 69.	n° 53.	n° 34.		n° 57.	n° 50.
Dates....	3 janv. 1954.	27 déc. 1953.	9 nov. 1953.		29 déc. 1953.	1er déc. 1953.
IC 1805..........	−32,5	−29,4	−	NGC 7635...	−37,3	−44,0
	−33,7	−32,4	−		−40,9	−45,2
	−36,0	−29,1	−		−37,5	−48,3
	−34,3	−33,8	−		−39,6	−48,0
	−35,1	−27,8	−		−40,7	−47,4
	−32,8	−32,6	−		−42,2	−42,8
	−33,4	−34,4	−		−38,8	−48,1
	−33,5	−	−		−38,4	−42,8
	−32,2	−	−		−	−45,0
	−32,0	−	−		−	−39,7
	−33,2	−	−		−	−33,5
	−38,7	−	−		−	−
	−39,0	−	−		−	−
	−35,1	−	−		−	−
	−36,2	−	estimation		−	−
			(sous-exposé)		−	−
Moyenne.........	−34,6	−31,4	−50		−39,4	−44,5
Correct. du mouvement de la Terre.	−15,2	−12,9	+ 4		−15,2	−10,5
Vitesses radiales...	−49,8	−44,3	−46		−54,6	−55,0
IC 1848 Cliché...	n° 58	−	n° 35	NGC 7380...	n° 54	n° 46
Vitesses radiales...	−32,7	−	−39,6		−47,5	−47,9

(2) *P. A. S. P.*, 1953, p. 182.

(3) MORGAN, SHARPLESS AND OSTERBROOCK. *Sky and Telescope*, avril 1952, p. 138.

(4) *Statistical Astronomy* (Trumpler and Weaver), 3; n° 22, p. 274 et 6, n° 27, p. 577.

(5) STEWART, SHARPLESS *Ap. J.*, 118, 1953, p. 152; HUGH M. JOHNSON, *Ap. J.*, 118, 1953, p. 370.

Il est intéressant de comparer ces fortes vitesses négatives aux résultats obtenus par G. Münch avec les raies d'absorption interstellaire ([2]).

Dans une Note précédente ([6]), une erreur s'est glissée dans le signe de la correction du mouvement de la Terre, la troisième colonne du tableau II est inexacte, *il faut lire :*

	Vitesse radiale.		Vitesse radiale.
1. NGC 1499	+ 2,8	6. IC 434	+36,4
2. IC 405	+17,2	7	+38,5
3	+15,5	8. NGC 7000	−13,5
4	+24,7	9	−18,5
5	+26,1	10. λ *Ori*	+31,2
		11. ζ *Oph*	+ 4

A l'exclusion peut-être de λ *Ori*, de IC 1805 et de IC 1848, la vitesse radiale des nébuleuses ne peut être considérée comme identique à celle des étoiles, il convient toutefois de remarquer que les régions H II appartenant au bras spiral lointain ont, en moyenne, une différence étoile-nébuleuse plus faible.

THERMODYNAMIQUE. — *La pression interne des liquides.*
Note de M. **Constantin Sălceanu**, présentée par M. Pierre Chevenard.

On sait que les liquides possèdent une grande pression interne. Quantitativement, l'équation de van der Waals ne se trouve pas dans une corrrespondance parfaite avec les propriétés réelles de l'état liquide, de même que la valeur de cette pression, déduite par cette voie pour divers liquides, ne concorde pas avec celle déduite par des considérations thermodynamiques ou cinétiques.

Dans la présente Note nous essayons de donner une autre interprétation de cette constante physique. Elle part d'une relation établie par nous entre la tension superficielle γ, le nombre des molécules (particules) par *unité de longueur* et le coefficient de compressibilité du liquide β :

$$\gamma = C\,\frac{\left(\frac{N.d}{M}\right)^{\frac{1}{3}}}{\beta^{\frac{1}{2}}},$$

où N est le nombre d'Avogadro, M la masse moléculaire, et d la densité du liquide ([1]).

([6]) *Comptes rendus*, **238**, 1953, p. 1971. Cette erreur a été déjà corrigée au colloque de Liége ([1]).

([1]) C. Sălceanu, *Z. Phys. Chem.*, (A), **187**, 1940, p. 170-174.

Il est intéressant de constater que la constante C a les dimensions d'une charge électrostatique, c. g. s. u. é. s.

$$|C| = M^{\frac{1}{2}} L^{\frac{3}{2}} T^{-1}$$

et garde une valeur constante ($C = 1,4.10^{-4}$ u. é. s.) pour les liquides qui ne présentent pas une conductibilité électrique notable.

En émettant l'hypothèse que la pression interne des liquides est proportionnelle aux nombres de particules par *unité de surface* et en admettant que la tension superficielle et la pression interne ont une origine commune (attraction de nature électrique) nous pouvons supposer que le facteur de proportionnalité C est le même pour les deux grandeurs. Dans ce cas, l'expression de la pression interne prend la forme

$$p_i = C \frac{\left(\frac{N.d}{M}\right)^{\frac{2}{3}}}{\beta^{\frac{1}{2}}},$$

où β doit être affecté par l'exposant 1/2, le rapport entre γ et p_i étant une longueur, comme dimension.

La pression interne sera calculé à l'aide de la relation suivante :

$$p_i = \gamma \left(\frac{N \times d}{M}\right)^{\frac{1}{3}}.$$

Le tableau suivant totalise les valeurs trouvées pour la pression interne de quelques liquides, calculées à l'aide de notre formule.

Liquide ($t = 20°C$).	M.	*d.*	p_i (atm).
Eau	18	1,00	2310
Alcool éthylique	46	0,79	478
Mercure	200	13,54	15800
Glycérine	92	1,25	1240
CCl_4	154	1,6	487
Éther éthylique	74	0,72	300
Benzène	78	0,89	532
Aniline	93	1,02	780
CS_2	76	1,26	665
Acétone	58	0,78	463
Nitrobenzène	123	1,204	887

Une justification globale de nos résultats est fondée sur les considérations suivantes : la pression interne du liquide qui est force/surface, reste proportionnelle à l'énergie de l'unité de volume du liquide, nécessaire pour apporter le liquide à étudier d'un premier saut jusqu'à son point d'ébullition (T), plus l'énergie latente d'anéantissement des forces intermoléculaires qui apporte le liquide à l'état de vapeur. Cette énergie sera :

$$c(T - t_0)\, d + \lambda d = Q \text{ cal/cm}^3.$$

ou c est la chaleur spécifique du liquide, t_0 la température initiale et λ la chaleur latente de vaporisation.

Le tableau suivant montre les rapports des pressions internes de l'eau et du liquide qui doivent être comparables aux rapports de leurs énergies par unité de volume, calculés à l'aide de la relation figurée plus haut :

$\frac{\text{eau}}{\text{liquide}}$.	$\frac{p_i(\text{eau})}{p_i(\text{liquide})}$.	$\frac{Q(\text{eau})}{Q(\text{liquide})}$.
Éther éthylique	7,5	8,7
Acétone	4,8	5,2
CCl_4	4,9	6,4
Benzène	4,7	6,3
CS_2	3,5	5,2
Alcool éthylique	4,8	3,2
Nitrobenzène	2,6	3

MAGNÉTISME. — *Appareil pour la mesure de l'intensité du champ magnétique terrestre*. Note (*) de M. **Raymond Birebent**, transmise par M. Charles Camichel.

Utilisant une méthode de mesure des champs magnétiques, déjà exposée dans une précédente Note (7), l'auteur a réalisé un appareil spécialement adapté à la mesure du champ magnétique terrestre.

L'appareil représenté schématiquement sur la figure est constitué de la manière suivante.

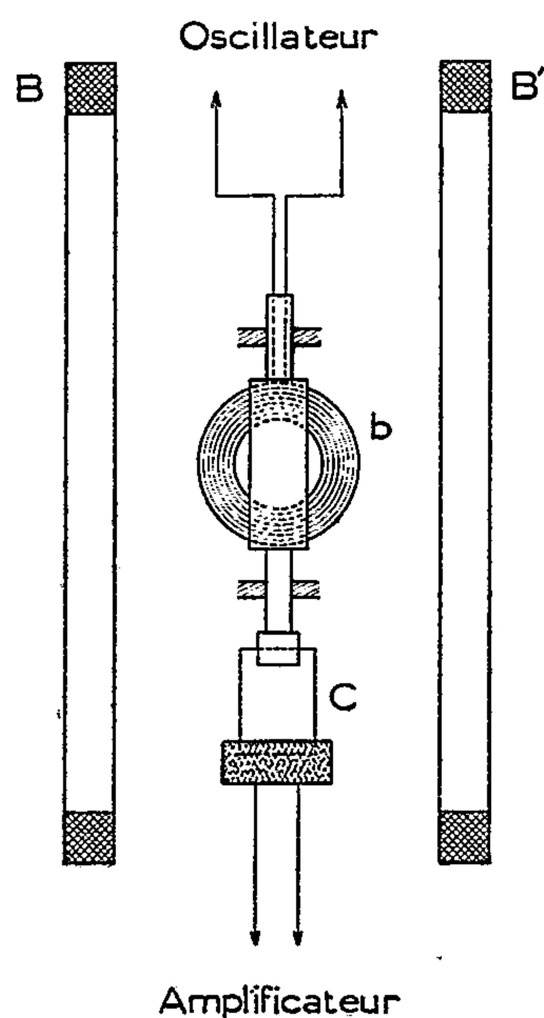
Une bobine b, alimentée en courant alternatif et pouvant pivoter autour d'un de ses diamètres, est solidaire d'un cristal piézoélectrique C dont l'autre extrémité est encastrée. Cette bobine, orientée de manière que son plan soit parallèle au plan du méridien magnétique, impose au cristal une torsion dont le sens s'inverse à chaque alternance du courant, ce qui engendre une tension alternative qu'on amplifie. On compense alors l'action du champ terrestre par un champ de sens inverse créé par deux bobines d'Helmholtz BB', dont l'axe commun est perpendiculaire à l'axe de rotation de la bobine b. L'intensité du champ magnétique compensateur pouvant être aisément calculée à partir des caractéristiques des bobines BB' et de l'intensité du courant continu qui les parcourt, l'ampèremètre qui mesure ce courant peut dès lors être gradué directement en œrsteds.

La mesure de l'intensité du champ terrestre se ramène ainsi à régler le courant dans les bobines compensatrices jusqu'à ce qu'on ait une tension nulle à la sortie de l'amplificateur.

L'appareil est mobile autour de deux axes, l'un vertical, l'autre hori-

(*) Séance du 18 juillet 1955.

zontal. Par rotation autour de l'axe vertical on l'oriente de manière que le plan de la bobine *b* soit parallèle au plan du méridien magnétique. Si l'axe de rotation de la bobine *b* est alors vertical, la mesure donne la valeur



de la composante horizontale du champ magnétique terrestre. Pour mesurer la composante verticale il suffit de faire tourner l'appareil de 90° autour de l'axe horizontal, de manière que l'axe des bobines d'Helmholtz devienne vertical, l'axe de rotation de la bobine *b* étant alors horizontal.

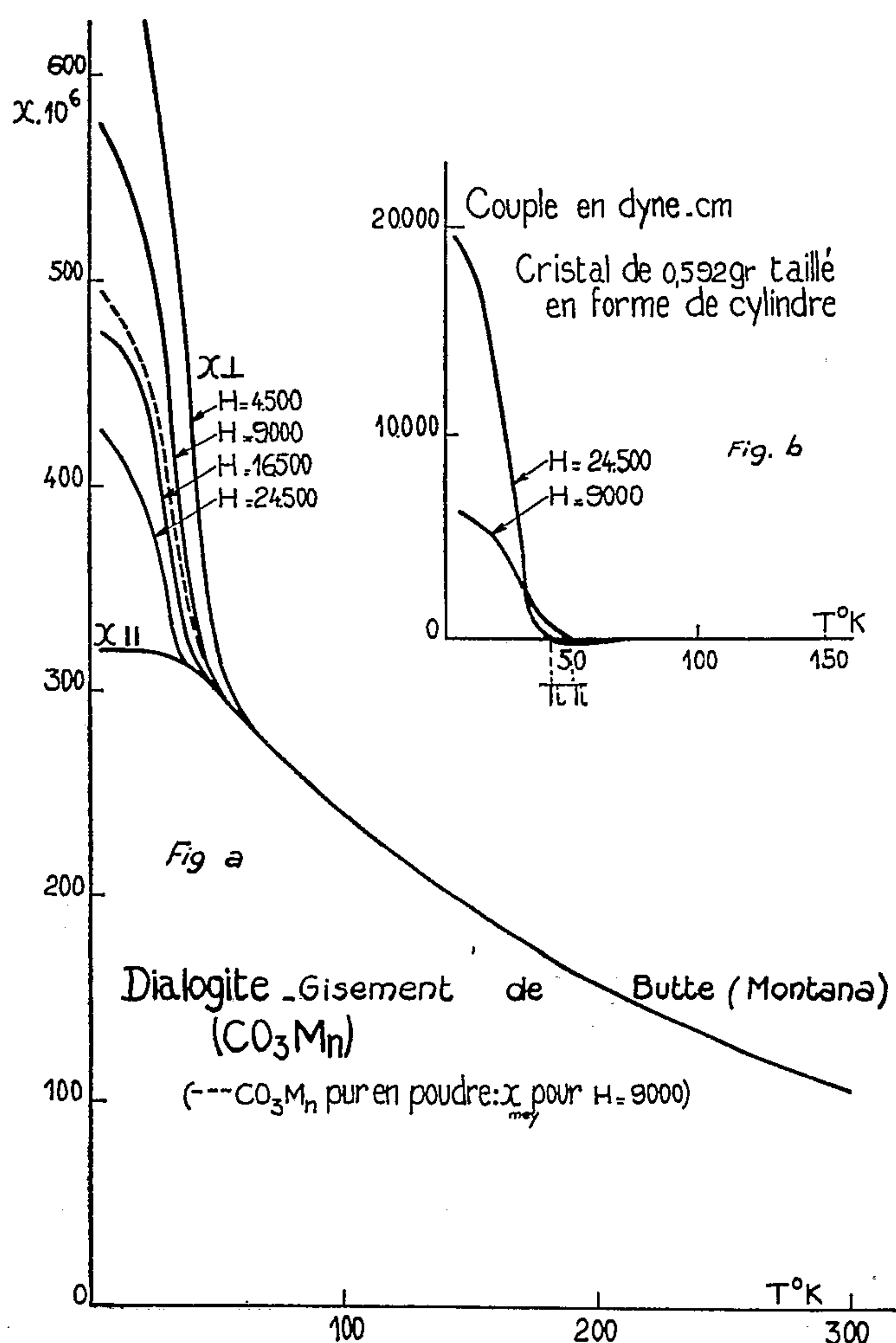
Un premier appareil de dimensions réduites a été réalisé suivant ce principe. La bobine mobile est simplement alimentée par un vibreur du type Larsen; malgré les faibles dimensions de cette bobine (diamètre moyen 20 mm), on peut atteindre une sensibilité du 1/100ᵉ d'œrsted. Il paraît donc possible d'accroître notablement cette sensibilité en augmentant les dimensions, ce qui ne présente aucun inconvénient dans le cas du champ magnétique terrestre.

MAGNÉTISME. — *Susceptibilités magnétiques principales d'un cristal de dialogite* (CO_3Mn). Note (*) de MM. **Henri Bizette** et **Belling Tsaï**, présentée par M. Gaston Dupouy.

Nous avons déterminé, entre la température ordinaire et les températures de l'hélium liquide, les valeurs des susceptibilités principales d'un cristal

(*) Séance du 18 juillet 1955.

particulièrement pur et transparent de dialogite provenant du gisement de Butte (Montana) et avons ainsi étendu aux basses températures les mesures antérieures de K. S. Krisnan et S. Barnejee (¹) effectuées entre 300 et 550° K.



Entre 293 et 100° K, les susceptibilités $\chi_{\parallel}$ et $\chi_{\perp}$ bien que très voisines, ne suivent pas la loi de Curie-Weiss; l'anisotropie magnétique $\chi_{\parallel} - \chi_{\perp}$ est positive. Lorsque la température s'abaisse, les valeurs de $\chi_{\parallel}$ et $\chi_{\perp}$ commencent à s'écarter nettement l'une de l'autre à partir de 100° K, puis elles varient en fonction de la température et du champ suivant des lois toutes différentes (*fig. a*). $\chi_{\parallel}$, indépendante du champ, tend à devenir constante, ses valeurs étant sensiblement les mêmes dans l'hydrogène et l'hélium liquides. Au contraire, aux températures inférieures à 60 °K, χ_T décroît quand le champ

(¹) *Z. Kryst.*, 99, 1938, p. 499.

augmente et continue à s'élever quand la température diminue. Il en résulte que l'anisotropie magnétique change de signe à une température T_i fonction du champ appliqué, d'autant plus basse que le champ est plus élevé (*fig. b*).

Si l'on dispose le cristal dans un champ magnétique horizontal uniforme de façon que son axe ternaire puisse tourner autour d'un axe vertical, on constate que le couple qui s'exerce sur le cristal lorsque son axe ternaire est à 45° du champ n'est pas proportionnel au carré de l'intensité du champ, mais qu'il est sensiblement proportionnel à H. Bien que présentant des propriétés magnétiques différentes, les cristaux de dialogite, comme ceux de sidérose, s'orientent à la température ordinaire de façon que leur axe ternaire soit parallèle au champ, aux basses températures de façon que leur axe ternaire soit perpendiculaire au champ. En accord avec les résultats obtenus sur le cristal, la courbe représentant la susceptibilité moyenne mesurée sur une poudre cristalline pure de CO_3Mn, préparée en mélangeant à 200°C dans une atmosphère de CO_2, à la pression de 100 kg/cm², des solutions de CO_3HNH_4 et de $MnCl_2$, ne présente pas de maximum.

J. Becquerel, W. J. de Haas et J. van der Handel ([2]) ont mesuré à une seule température, 1,54°K, le pouvoir rotatoire magnétique suivant l'axe d'un cristal de dialogite renfermant 0,07 % de fer, et par suite (si l'on suppose que tout le fer est à l'état ferreux) 0,145 pour cent de CO_3Fe. Nos résultats montrent que le pouvoir rotatoire magnétique de CO_3Mn ne peut s'exprimer en fonction de la température par une formule du type proposé par Van Vleck et Penney ([3]). Il est vraisemblable que les valeurs trouvées par J. Becquerel ne se rapportent pas aux ions Mn^{2+}, mais aux ions Fe^{2+} que renferme le cristal étudié.

RÉSONANCE PARAMAGNÉTIQUE. — *Effet d'échange dans la résonance paramagnétique des charbons.* Note (*) de M. **Jean Uebersfeld**, transmise par M. Jean Cabannes.

L'interaction d'échange entre deux spins électroniques identiques $\vec{S}_1$ et $\vec{S}_2$ est due au recouvrement des fonctions d'onde électroniques; elle a pour expression

$$W = J\vec{S}_1.\vec{S}_2,$$

où J est l'intégrale d'échange qui est une fonction très rapidement décroissante de la distance des deux spins ([1]).

([2]) *Leid. Comm.*, n° 218, 1931.

([3]) *Phil. Mag.*, (7), 17, 1934, p. 961.

(*) Séance du 18 juillet 1955.

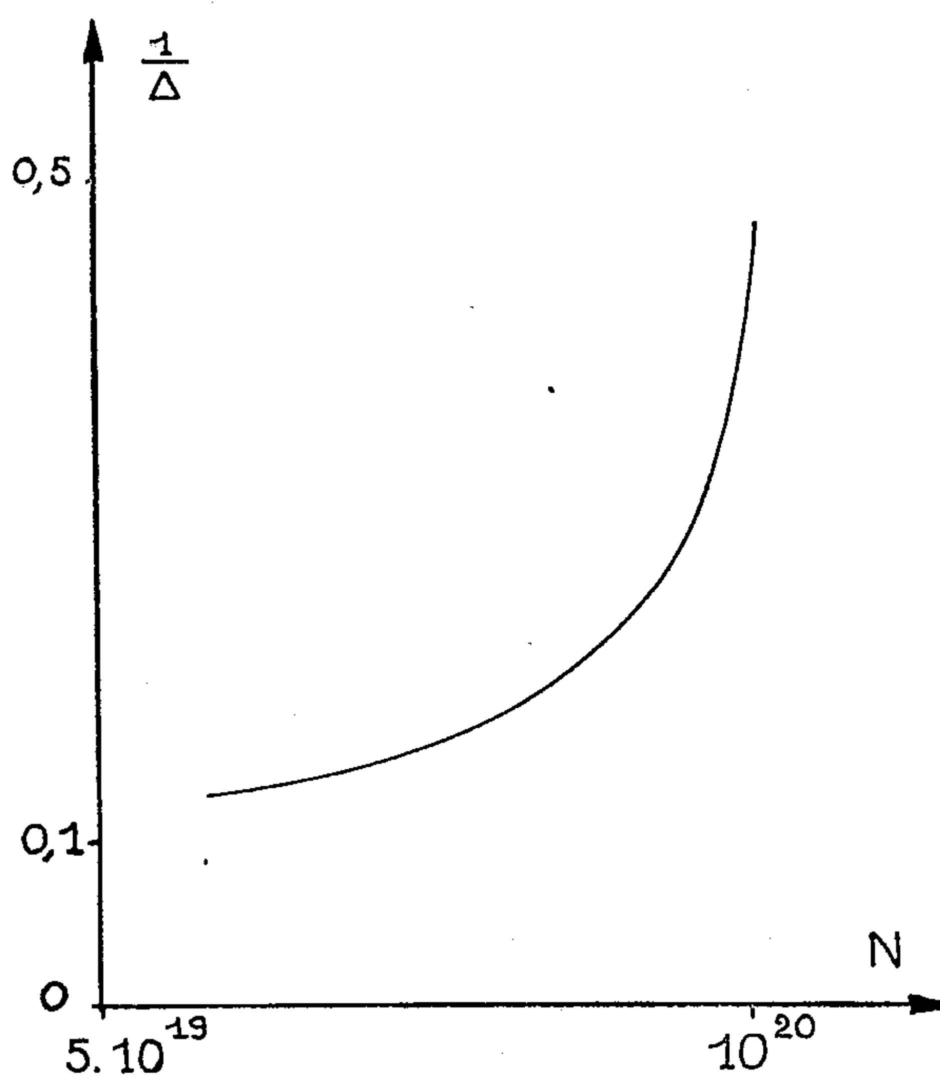
([1]) J. H. Van Vleck, *Phys. Rev.*, 74, 1948, p. 1168.

L'interaction d'échange a pour effet de réduire la largeur de la raie de résonance paramagnétique électronique et Anderson et Weiss ont montré théoriquement (²) que l'ordre de grandeur de la largeur Δ de la raie est donnée par

$$\Delta = g\beta \frac{\langle \Delta H^2 \rangle}{J}, \tag{1}$$

où β est le magnéton de Bohr, g le facteur de Landé et $\langle \Delta H^2 \rangle$ le second moment de la raie que l'on obtiendrait s'il n'y avait pas d'échange. La faible largeur des raies de résonance paramagnétique des radicaux libres est attribuée à un effet d'échange.

L'action de l'oxygène sur les charbons (³), (⁴) permet une mise en évidence directe de l'effet d'échange : la concentration des radicaux libres dans certains charbons est une fonction décroissante de la pression d'oxygène qui règne au-dessus du charbon; on peut donc, en faisant varier la pression d'oxygène, faire varier la concentration des radicaux et, par suite, l'intensité de l'effet d'échange s'il existe.



La largeur de la raie de résonance magnétique, si elle était due aux seules interactions dipolaires, devrait croître avec la concentration des radicaux; en réalité, pour des concentrations croissant de 5.10^{19} à 10^{20} radicaux par gramme

(²) P. W. ANDERSON et P. R. WEISS, *Rev. Mod. Phys.*, 26, 1953, p. 269.
(³) J. UEBERSFELD et E. ERB, *J. Phys. Rad.*, 16, 1955, p. 340.

de charbon la largeur Δ décroît de 7 à 2 gauss. Ce fait est en accord qualitatif avec la formule (1), l'intégrale d'échange devant croître avec la concentration.

La figure ci-contre montre les variations de $1/\Delta$ (exprimées en $gauss^{-1}$) en fonction du nombre N des radicaux libres par gramme de charbon, pour un charbon de sucre carbonisé à 650° C.

La courbe donne l'allure des variations de $J/g\beta\langle\Delta H^2\rangle$.

La théorie d'Anderson et Weiss prévoit de plus que les raies de résonance rétrécies par effet d'échange ont une forme de Lorentz.

Nous avons vérifié [4] qu'il en était bien ainsi pour les charbons. Une observation analogue a été faite quasi simultanément et indépendamment par J. G. Castle [5].

Des travaux sont encore en cours pour préciser dans différents cas la valeur de l'intégrale d'échange.

SPECTROSCOPIE HERTZIENNE. — *Transitions à plusieurs quanta électromagnétiques.* Note (*) de MM. **Jean Margerie** et **Jean Brossel**, transmise par M. Jean Cabannes.

On sait qu'une transition entre deux niveaux atomiques de nombre quantiques magnétiques (m) et $(m+1)$ est provoquée par un champ magnétique de radiofréquence H_1, perpendiculaire au champ permanent H_0 et tournant dans le sens du courant magnétisant.

Si H_1 est un champ linéaire, on le décompose en deux composantes tournant en sens inverse, dont l'une produit la transition, l'autre étant «inactive». Le calcul de la probabilité de transition, par F. Bloch, A. Siegert [1] a cependant montré que, dans ce cas, la résonance était déplacée; l'effet correspondant a été effectivement observé [2].

La solution de l'équation de Schrödinger correspondant à ce cas a été reprise récemment [3], les calculs n'étant pas limités au premier ordre. Le système quantique étant en fait soumis à deux sortes de photons (ω) et $(-\omega)$ transportant respectivement $(+1)$ et (-1) unités de moment cinétique, on trouve alors, outre la transition classique $\omega = \omega_0$, les transitions $3\omega = \omega_0$, $5\omega = \omega_0$, ...

La transition $3\omega = \omega_0$ par exemple (*fig.* 1 *a*) fait intervenir 2 photons circulaires droits et un photon circulaire gauche; les bilans d'énergie et de

---

(4) J. Uebersfeld, *Thèse de doctorat*, Paris 1955 (sous presse).

(5) *Bull. Amer. Phys. Soc.*, 30, 1955, p. 41.

(*) Séance du 11 juillet 1955.

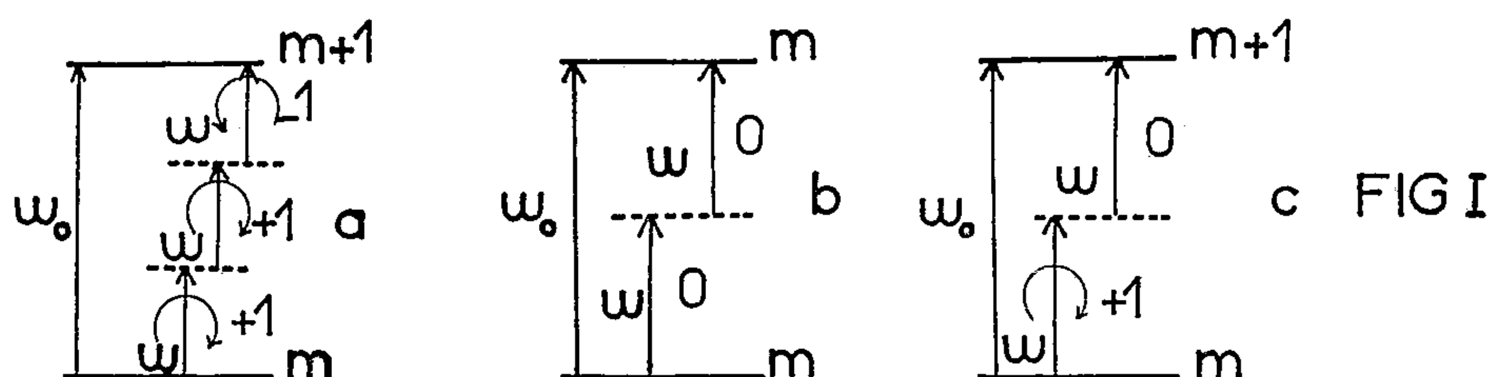
(1) *Phys. Rev.*, 1940, 57, p. 522.

(2) J. Brossel et F. Bitter, *Phys. Rev.*, 86, 1952, p. 308.

(3) J. Winter, *Comptes rendus*, 241, 1955, p. 375.

moment cinétique sont ainsi satisfaits et seules les transitions a un nombre impair de quanta sont possibles.

Une transition $\Delta m = 0$, induite par un champ H_1 parallèle à H_0 (*fig.* 1*b*) ne fait intervenir que des photons transportant o unité de moment cinétique. On peut prévoir, et le calcul confirme ([3]) que de telles transitions sont possibles avec un nombre quelconque n de photons $n\omega = \omega_0$.



Enfin, si le champ de radiofréquence H_1 contient à la fois des composantes perpendiculaires et parallèles à H_0, une transition $\Delta m = +1$ peut se faire par absorption simultanée des deux types de photons (*fig.* 1*c*) si bien que la relation $n\omega = \omega_0$ est valable avec n pair ou impair.

L'expérience a été réalisée sur la vapeur saturante de sodium orientée optiquement ([4]). Le champ oscillant H_1 était incliné sur le champ H_0. Les transitions observées étaient les transitions basse fréquence $\Delta m = 1$ de l'état fondamental du sodium. On se trouve donc dans le dernier cas envisagé (fréquence employée : 1,206 mc/s).

La figure 2 montre les résonances observées pour des intensités croissantes de radiofréquence. Outre la résonance $\omega = \omega_0$ des résonances plus fines apparaissent en $2\omega = \omega_0$, $3\omega = \omega_0$, $4\omega = \omega_0$.... La résonance à quatre quanta n'apparaît que pour les fortes intensités de H_1. On note un déplacement des résonances vers les bas champs : il s'agit du déplacement Bloch-Siegert de ces raies.

On pourrait penser que ces raies sont des transitions à un photon provoquées par les harmoniques 2ω, 3ω, 4ω fournis par l'émetteur; ceux-ci étaient très faibles dans notre cas. En disposant sur la ligne alimentant les bobines un filtre ajustable on pouvait réduire considérablement leur intensité, l'intensité des résonances correspondantes, même loin de la saturation, demeure inchangée. Elles sont donc provoquées par le fondamental ω.

En outre, si ces raies étaient provoquées par les divers harmoniques, leur largeur serait une mesure de l'intensité de l'harmonique correspondant. L'effet Bloch-Siegert correspondant à la largeur observée des raies, calculé dans

([4]) J. Brossel, B. Cagnac et A. Kastler, *Comptes rendus*, 237, 1953, p. 984; J.-P. Barrat et coll., *Comptes rendus*, 239, 1954, p. 1196.

l'hypothèse précédente est de 1/100ᵉ à 1/1000ᵉ de l'effet observé. Par contre, ce dernier est tout à fait de l'ordre de grandeur de ce que l'on attend pour une raie à plusieurs quanta.

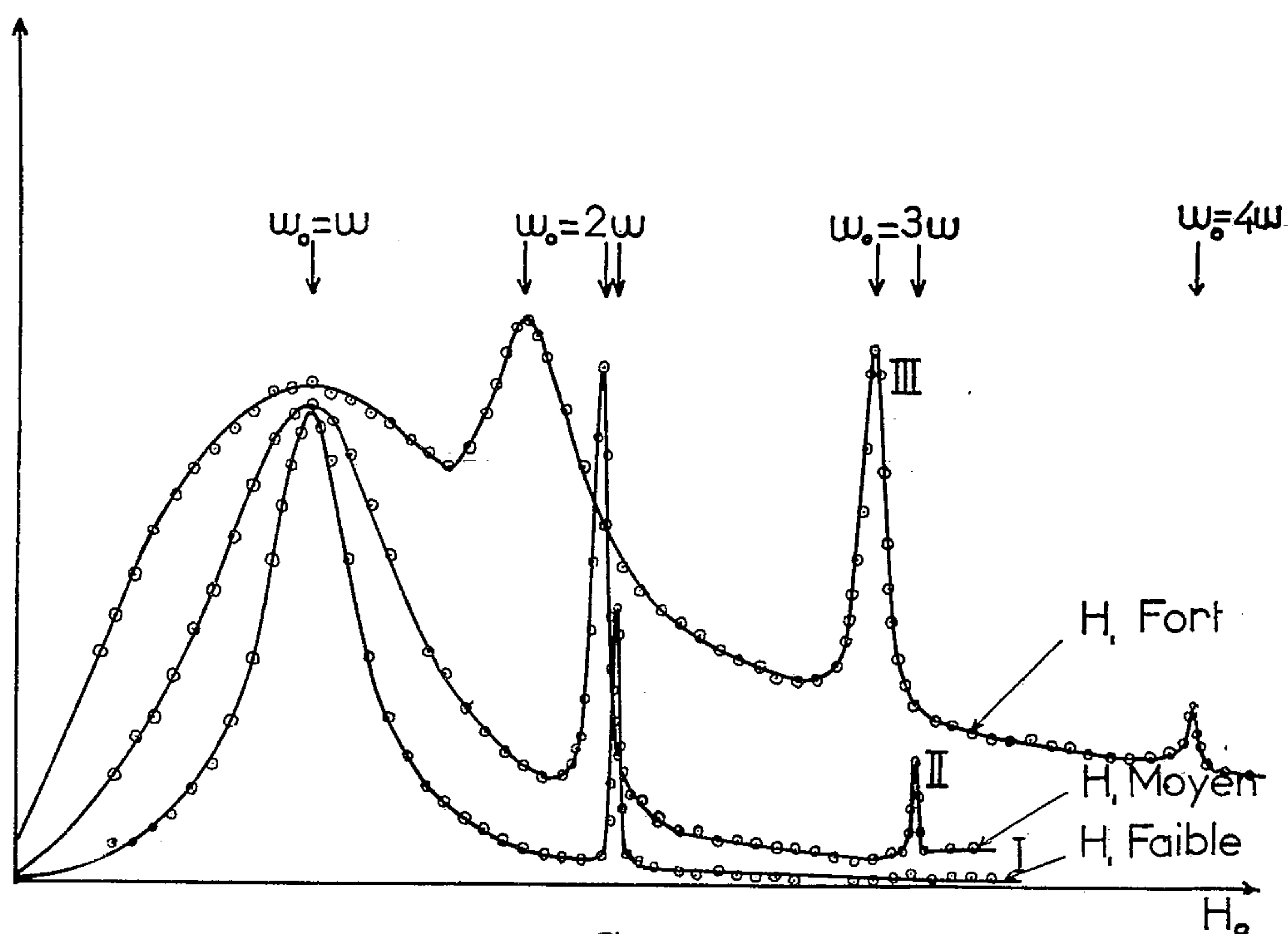


Fig. 2.

Il est à noter que les transitions précédentes sont de nature assez différente de celle des raies à plusieurs quanta observées sur la vapeur orientée de Na ([4]) (raies pour lesquelles $\Delta m = 2$, 3 ou 4 ne faisant intervenir qu'un seul type de quanta ω et nécessitant, pour se produire, la présence de niveaux atomiques intermédiaires). Par contre, elles sont semblables, en nature, aux transitions $\Delta m = 2$, observées par V. Hughes et L. Grabner ([5]).

SPECTROSCOPIE HERTZIENNE. — *Étude de transitions faisant intervenir plusieurs quanta entre deux niveaux atomiques.* Note (*) de M. **Jacques Winter**, transmise par M. Jean Cabannes.

Étudions d'abord le cas de transitions dipolaires magnétiques induites par un champ oscillant (H_0 fixe étant dirigé suivant Oz). L'hamiltonien de la

---

([5]) *Phys. Rev.*, 79, 1950, p. 829.

(*) Séance du 18 juillet 1955.

perturbation est

(1) $$\mathcal{H} = \gamma_J \vec{H'}.\vec{J} + \gamma_I \vec{H'}.\vec{I}$$

avec

(2) $$\vec{H'} = H_x \cos\omega t\, \vec{i} + H_y \cos(\omega t - \varphi)\vec{j} + H_z \cos(\omega t - \psi)\vec{k}.$$

On traite en général le cas ou le système est soumis à l'action d'un seul type de photons.

Si $H_x = H_y$; $H_z = 0$; $\varphi = \pi/2$ (champ tournant perpendiculaire à H_0), la perturbation précédente induit des transitions $|m\rangle \to |m+1\rangle$.

On envisage le cas où le système est soumis à l'action d'un champ oscillant (2) c'est-à-dire à l'action simultanée de plusieurs photons.

Étudions les cas suivants :

a. $H_z = 0$, $H_x \neq H_y$, $\varphi = \pi/2$ l'atome est soumis à deux vibrations circulaires inverses. On trouve qu'il y a résonance pour $(2p+1)\omega = \omega_0$.

b. $H_x \neq H_y \neq H_z \neq 0$. Les transitions $|m\rangle \to |m\rangle$ ou $|m\rangle \to |m+1\rangle$ se produisent pour $p\omega = \omega_0$, avec p quelconque.

Dans le cas *a*, l'équation d'évolution a la forme

(3) $$i\dot{C}_a = \omega_0 C_a + (K_+ e^{i\omega t} + K_- e^{-i\omega t}) C_b; \qquad i\dot{C}_b = (K_+^* e^{-i\omega t} + K_-^* e^{i\omega t}) C_a;$$

équation dans laquelle

$$\hbar\omega_0 = E_a - E_b \quad \text{et} \quad K_+ = \frac{1}{4}(H_x + iH_y)G; \qquad K_- = \frac{1}{4}(H_x - iH_y)G,$$
$$G = \{\gamma_J \langle a | J_x \pm iJ_y | b\rangle + \gamma_I \langle a | I_x \pm iI_y | b\rangle\}.$$

Pour résoudre (3) on pose

$$C_b = \sum_{m=-\infty}^{+\infty} C_b^{(2m)}, \qquad C_a = \sum_{m=-\infty}^{+\infty} C_a^{(2m+1)},$$

tel qu'un $C_b^{(2m)}$ soit couplé aux $C_a^{(2m+1)}$ par un seul terme K. on obtient ainsi un système d'une infinité d'équations équivalant à (3)

(4) $$\begin{cases} i\dot{C}_b^{(2m)} = K_+^* C_a^{(2m+1)} e^{-i\omega t} + K_-^* C_a^{(2m-1)} e^{+i\omega t}, \\ i\dot{C}_a^{(2m+1)} = \omega_0 C_a^{(2m+1)} + K_+ C_b^{(2m)} e^{i\omega t} + K_- C_b^{(2m+2)} e^{-i\omega t}. \end{cases}$$

Si l'on fait le changement de variables

$$K_a^{(2m+1)} = C_a^{(2m+1)} e^{-i(2m+1)\omega t} \qquad \text{et} \qquad K_b^{(2m)} = C_b^{(2m)} e^{-2im\omega t};$$

on trouve

(5) $$\begin{cases} i\dot{K}_b^{(2m)} = (-2m\omega)K_b^{(2m)} + K_+^* K_a^{(2m+1)} + K_-^* K_a^{(2m-1)}, \\ i\dot{K}_a^{(2m+1)} = [\omega_0 - (2m+1)\omega] K_a^{(2m+1)} + K_+ K_b^{(2m)} + K_- K_a^{(2m+2)}. \end{cases}$$

Les solutions de (5) sont de la forme $e^{iE_i t}$, E_i étant une des racines de l'équation séculaire du système (5).

Des études précédentes ([1]) ont montré qu'il y a résonance quand l'équation séculaire est presque dégénérée et ceci se produit quand deux termes diagonaux deviennent égaux, donc pour $\omega_0 = (2p+1)\omega$. Cas envisagé par Bloch et Siegert ([2]).

Dans le cas b l'équation d'évolution devient

$$(6) \qquad \left\{ \begin{array}{l} i\dot{C}_a = (\omega_0 + A_0 \cos\omega t) C_a + (K_+ e^{i\omega t} + K_- e^{-i\omega t}) C_b, \\ i\dot{C}_b = B_0 \cos\omega t \, C_b + (K_+^* e^{-i\omega t} + K_-^* e^{i\omega t}) C_a, \end{array} \right.$$

$$A_0 = H_z \langle a | \gamma_J J_z + \gamma_I I_z | a \rangle; \qquad B_0 = H_z \langle b | \gamma_J J_z + \gamma_I I_z | b \rangle,$$

K_+ et K_- ayant la même valeur que dans le cas a pour les transitions $|m\rangle \to |m+1\rangle$ et $2K_- = 2K_+ = H_z \langle a | \gamma_J J_z + \gamma_I I_z | b \rangle$ pour les transitions $|m\rangle \to |m\rangle$. Afin d'éliminer les termes diagonaux dépendant du temps dans (6), posons

$$C_a = K_a \exp\left(\frac{iA_0}{\omega} \sin\omega t\right); \qquad C_b = K_b \exp\left(\frac{iB_0}{\omega} \sin\omega t\right).$$

(6) devient

$$(7) \qquad \left\{ \begin{array}{l} i\dot{K}_a = \omega_0 K_a + K_b (K_+ e^{i\omega t} + K_- e^{-i\omega t}) \exp\left\{\frac{i}{\omega}(B_0 - A_0) \sin\omega t\right\}, \\ i\dot{K}_b = K_a (K_+^* e^{-i\omega t} + K_-^* e^{i\omega t}) \exp\left\{\frac{i}{\omega}(A_0 - B_0) \sin\omega t\right\}, \end{array} \right.$$

l'exponentielle se développe en une somme de fonctions circulaires

$$\exp\left\{\frac{i}{\omega}(B_0 - A_0) \sin\omega t\right\} = \sum_{n=-\infty}^{+\infty} L_n e^{in\omega t}$$

et l'équation (7) devient :

$$(8) \qquad i\dot{K}_a = \omega_0 K_a + \left[\sum_{n=-\infty}^{+\infty} D_n e^{in\omega t}\right] K_b, \qquad i\dot{K}_b = \left[\sum_{n=-\infty}^{+\infty} D_n^* e^{-in\omega t}\right] K_a.$$

Pour résoudre (8) on opère comme pour (3) mais la présence des harmoniques pairs de ω dans les sommations, nous oblige à poser :

$$K_a = \sum_{n=-\infty}^{+\infty} K_a^n, \qquad K_b = \sum_{n=-\infty}^{+\infty} K_b^n,$$

c'est-à-dire à faire intervenir deux fois plus d'équations et l'on peut montrer qu'il y a résonance quand $\omega_0 = n\omega$ (n entier quelconque).

Ces résultats sont en accord avec la conservation de l'énergie et du moment cinétique.

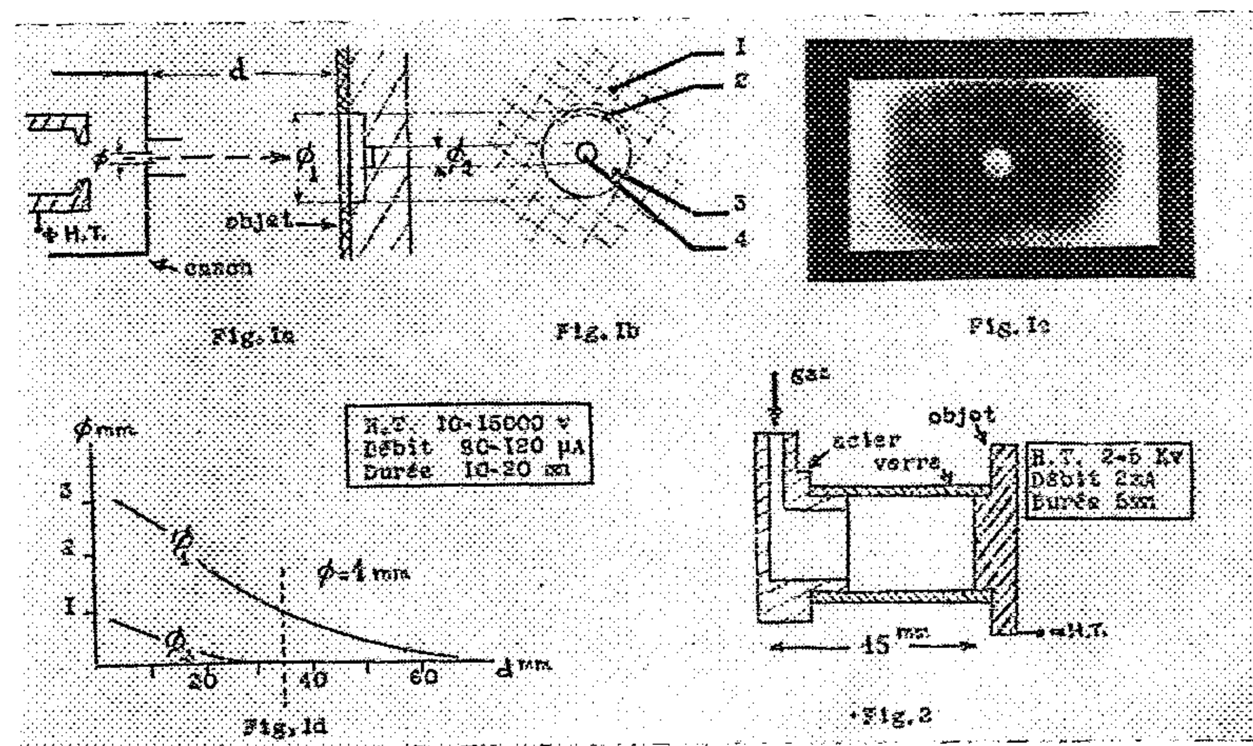
([1]) C. Besset, J. Horowitz, A. Messiah et J. Winter, *J. Phys. Rad.*, 15, 1954, p. 251.

([2]) F. Bloch et A. Siegert, *Phys. Rev.*, 57, 1940, p. 522.

MICROSCOPIE ÉLECTRONIQUE. — *Décapage par attaque ionique en vue d'observations métallographiques au microscope électronique à photo-émission.* Note (*) de MM. **E. Louis Huguenin** et **Maurice Gauzit**, présentée par M. Louis de Broglie.

Nous avons utilisé un montage permettant le traitement dans l'enceinte du microscope d'un échantillon immédiatement avant son observation. Nous avons utilisé trois méthodes.

1. *Canon d'ions.* — L'objet est bombardé par un faisceau d'ions issu d'un canon classique ([1]) (*fig.* 1 *a*), fonctionnant avec de l'air ou avec de l'argon. On peut distinguer quatre zones sur l'objet bombardé (*fig.* 1 *b*). La figure 1 *d* donne la variation des diamètres en fonction de la distance source-échantillon *d*. La zone 1 est en général de couleur brunâtre et empêche toute émission photoélectrique (contamination). L'intérêt de la zone 2 sera montré plus loin. Dans la zone 3, le métal est décapé et donne lieu à une bonne émission photoélectrique ([2]). La zone 4 profondément attaquée disparaît rapidement avec la distance *d* (*fig.* 1 *d*). La figure 1 *c* représente un échantillon bombardé à $d = 35$ mm.



Le résultat de l'expérience dépend de la température d'une manière marquée. Vers 300°, la pellicule de contamination commence à se décoller, formant de petites boursouflures. A une température supérieure, la pellicule a entièrement disparu. La figure 3 représente l'image photoélectrique d'un

(*) Séance du 18 juillet 1955.

([1]) Hailer, *Wiss. Ver. Siemens*, 17, 1938, p. 122; Indumi, *Helv. Phys. Acta*, 20, 1947, n° 6, p. 463; Fert, *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 333.

échantillon d'argent bombardé puis chauffé. La zone 3 (décapée) émet intensément; on distingue aussi les boursouflures de la pellicule de contamination qui en éclatant ont révélé le métal sous-jacent émissif.

Si le bombardement a lieu *pendant* le chauffage de l'échantillon (300° environ), la contamination ne se dépose plus. Il semble aussi que la vitesse de décapage dans la zone 3 soit favorisée par une augmentation de la température.

2. *Tube à décharge.* — L'échantillon constitue alors la cathode d'un tube à décharge (*fig.* 2). Nous n'observons aucune contamination; cela tient au fait que l'échantillon est porté à une température élevée, et parfois même fond, et que la simplicité du dispositif et le balayage gazeux éliminent la contamination. Mais l'on n'obtient par cette méthode qu'une émission photoélectrique uniforme, au relief près.

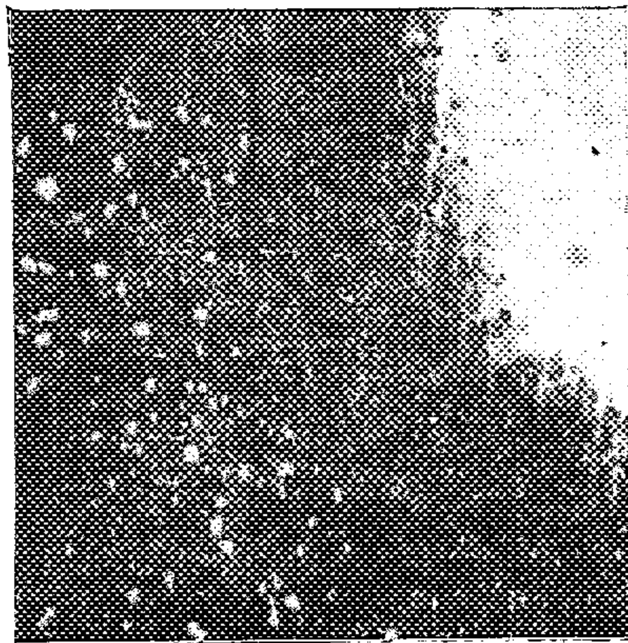


Fig. 3.

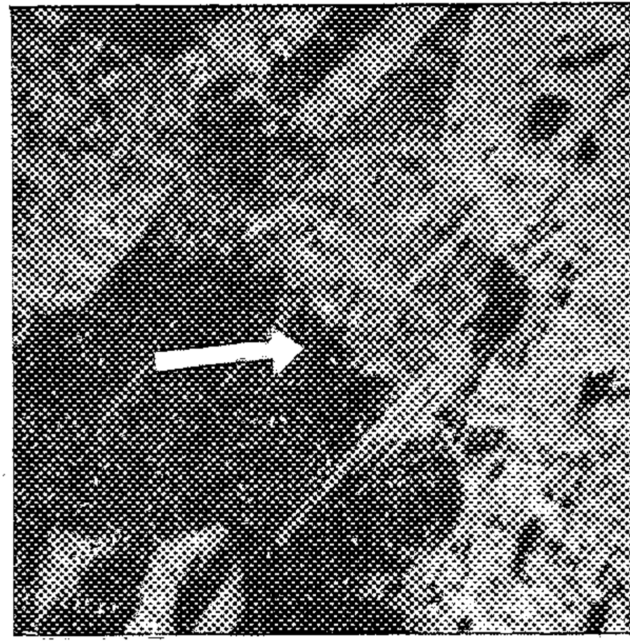


Fig. 4.

3. *Pulvérisation dans le tube à décharge suivie d'un bombardement avec le canon.* — La pulvérisation dans le tube à décharge donnnant une surface « propre », nous la contaminons ensuite partiellement par un bombardement avec le canon. On observe alors, dans la zone de transition 2, une contamination sélective (²), qui a pour effet de faire apparaître un contraste en noir et blanc entre les diverses faces cristallines. Ce contraste peut être dosé en graduant le bombardement. Par ailleurs, dans la zone centrale, qui dans la deuxième méthode était uniformément émissive, le bombardement enlève une couche superficielle et des demi-teintes apparaissent. Un chauffage augmente le contraste dans la zone centrale, en même temps que l'on observe une réduction de la zone de transition 2.

(²) E. L. Huguenin, *Comptes rendus*, 241, 1955, p. 307.

La figure 4 montre un cristal de cette zone, partiellement contaminé : certains cristaux voisins, ainsi que des macles, présentent un contraste gradué.

SPECTROSCOPIE. — *Contours des raies de Paschen de l'atome d'hydrogène.* Note (*) de M. **Georges Hepner**, transmise par M. Jean Cabannes.

On étudie le profil des raies de Paschen de l'atome d'hydrogène dans une décharge condensée. On le compare à celui des raies de Balmer et l'on trouve que pour des concentrations électroniques de 10^{16} électrons/cm^3, la théorie de Holtsmark mène à des résultats cohérents.

Le contour des raies de l'hydrogène est très utilisé en Astrophysique pour la détermination de la concentration électronique dans les atmosphères stellaires.

Verwey, Schmahljohann et de Jager (1) ont calculé les profils des premières raies de la série de Balmer. Ils ont admis la théorie de Holtsmark et les intensités des composantes Stark données par Schrödinger. Pour les termes élevés de cette série, on se sert généralement d'une approximation indiquée par A. Pannekoek (2). Récemment de Jager a mesuré les contours de quelques raies de la série de Paschen dans le spectre solaire (3) ; il constate un désaccord avec la théorie de Holtsmark.

Il m'a semblé intéressant de mesurer au laboratoire les contours de ces raies dans une décharge condensée, à l'aide d'un spectromètre infrarouge à cellule PbS.

Résultats. — En admettant que le profil expérimental, dans les ailes, n'est dû qu'à l'action des ions, on peut évaluer le champ interionique « normal » F_0 par comparaison avec le profil Stark théorique $S(\Delta\lambda/F_0)$ (1).

Or, $S(\Delta\lambda/F_0)=\Sigma_k(I_k/c_k)W(\alpha/c_k)$ où $\alpha=\Delta\lambda/F_0$, $c_k=\Delta\lambda/F$ et $W(\alpha/c_k)$ est la fonction de Holtsmark. I_k est l'intensité de la composante Stark k.

J'ai calculé les fonctions S pour les raies $P_\alpha(4\text{-}3)$ et $P_\beta(5\text{-}3)$, les valeurs numériques des I_k sont empruntées à Ishida (4) et ses collaborateurs qui les ont calculées pour He II.

Je représente (*fig.* 1), $\log S(\alpha)$ en fonction de $\log\alpha$ pour P_α et P_β, ainsi que les profils expérimentaux pour ces raies, en portant en ordonnées le logarithme

(*) Séance du 18 juillet 1955.

(1) S. Verwey, *Dis.*, Amsterdam, 1936; P. Schmahljohann, *voir* Unsöld, Physik der Sternatmosphären, 1938; C. de Jager, *Thèse*, Amsterdam, 1952.

(2) *Monthly Notices*, 98, 1938, p. 694.

(3) C. de Jager, *Proceedings*, Amsterdam, 55, 1952, p. 153.

(4) Y. Ishida, S. Hyama et H. Kubota, *Sc. Pap. Chem. Phys. Res. Tokyo*, 31, 1937, p. 265.

de l'intensité et en abscisses $\log(\Delta\lambda)$. La superposition du profil théorique et expérimental dans les ailes, donne alors F_0.

Pour retrouver le profil au centre il faut faire intervenir les chocs électroniques, par une méthode indiquée par H. Griem ([5]).

La figure 2 donne les profils expérimentaux des raies enregistrées. Par leur largeur à mi-hauteur on peut calculer également F_0, ce qui donne un moyen de vérification.

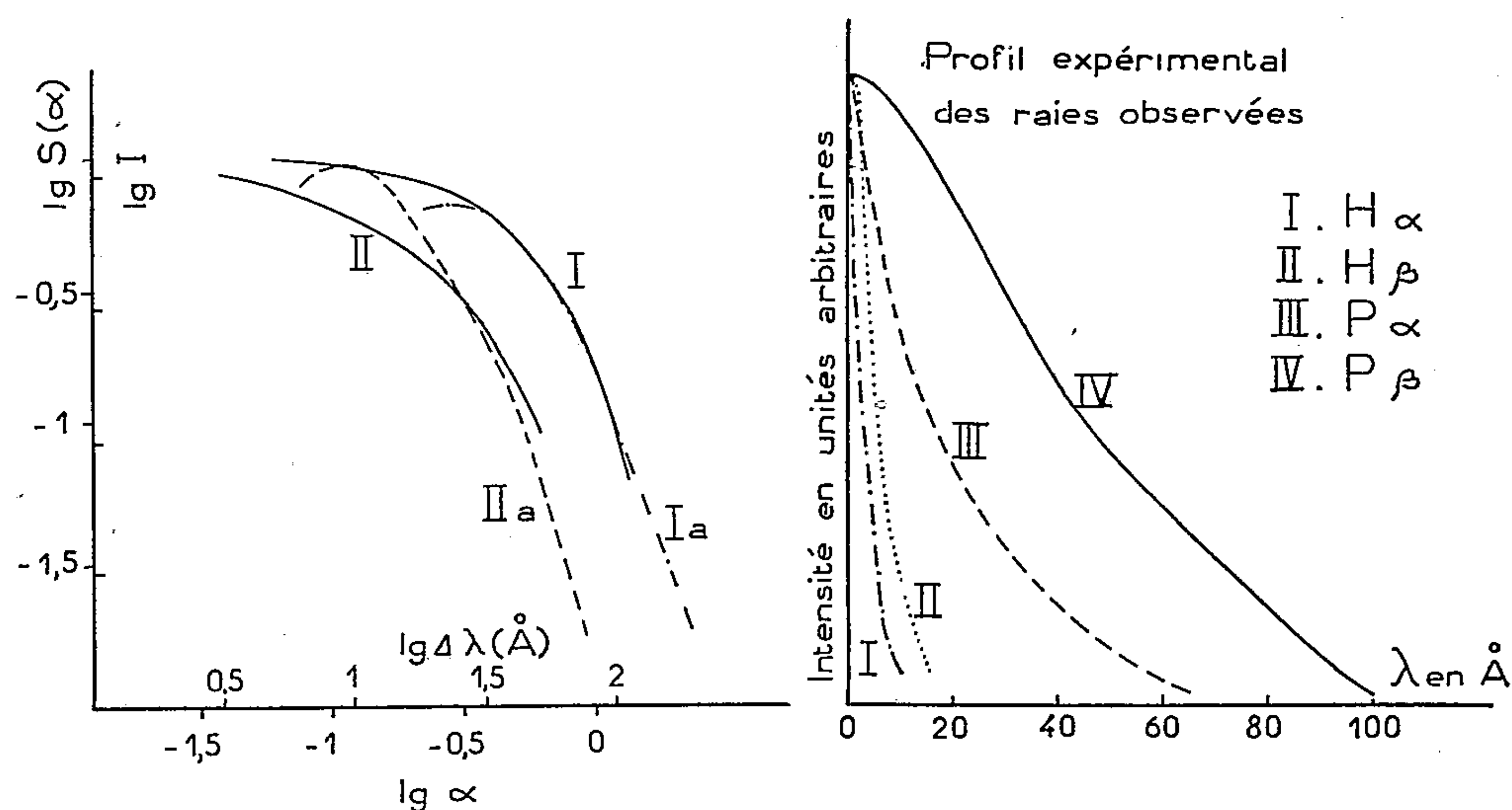


Fig. 1. Fig. 2.

Fig. 1. — Comparaison des profils expérimentaux pour $F_0 = 75$ C. G. S. E. S. Courbes I et I_a : profils expérimental et théorique de P_β. Courbes II et II_a : profils expérimental et théorique de P_α.

Les résultats figurent dans le tableau ci-dessous :

Raie	H_α.	H_β.	P_α.	P_β.
F_0 déduit du profil dans les ailes	76	72	90	76
F_0 déduit de la largeur à mi-hauteur	80	60	70	77

F_0 est en unités C. G. S. E. S.

On constate, que dans la limite des erreurs expérimentales, on obtient les mêmes valeurs pour F_0 en utilisant, soit les raies de la série de Balmer, soit les raies de la série de Paschen.

J'en déduis que la concentration est $1,5 \cdot 10^{16}$ électrons/cm^3.

Discussion sur l'application de l'approximation de Pannekoek. — Pour le calcul du profil Stark théorique, de Jager ([3]) s'est servi de l'approximation de Pannekoek; dans ce cas :

$$J\left(\frac{\Delta\lambda}{s_n F_0}\right) = \frac{1}{2 s_n F_0}\int_\beta^\infty \frac{W(\beta)\,d\beta}{\beta}, \quad \text{avec} \quad \beta = \frac{F}{F_0} \quad \text{et} \quad s_n = \frac{\Delta\lambda'}{\beta F_0},$$

$\Delta\lambda'$ étant l'écartement de la composante extrême.

([5]) *Z. Physik*, 137, 1954, p. 280.

On montre facilement que, si m et n sont respectivement les nombres quantiques du niveau inférieur et supérieur,

$$(1) \qquad s_n = 1,60.10^{-4}\left[\frac{m^2 n^2}{m^2 - n^2}\right]^2 [m(m-1) + n(n-1)],$$

s_n est en Å par unité C. G. S. E. S. de champ électrique.

Pour $n = 2$, on trouve bien l'expression donnée par Pannekoek pour la série de Balmer.

La relation (1) donne pour la série de Paschen

$$s_n = 1,29.10^{-2}\left(\frac{m^2}{m^2 - 9}\right)^2 [m(m-1) + 6].$$

Les fonctions S(α) permettent, d'autre part, de calculer des s_n empiriques.

Le tableau ci-dessous donne les valeurs des s_n calculés, les valeurs des s_n empiriques et celle donnée par de Jager ([3]).

Raie.	s_n calculé.	s_n empirique.	s_n de Jager.
P_α	0,818	0,125	–
P_β	0,826	0,46	0,163

On constate, d'une part, que la valeur trouvée est différente de celle donnée par de Jager et que, d'autre part, l'approximation de Pannekoek ne peut être utilisée pour les raies P_α et P_β.

PHYSIQUE MOLÉCULAIRE. — *Calcul de la susceptibilité magnétique des liaisons σ. Application aux liaisons* C—C, C—H, *aux carbures saturés et au radical* CH_2. Note (*) de MM. **Jean Guy** et **Jacques Tillieu**, présentée par M. Jean Cabannes.

1. Le calcul de la susceptibilité magnétique ([1]) des liaisons σ, décrites par un produit de deux fonctions d'onde monoélectroniques φ_0, présentant la symétrie de révolution autour de l'axe Oz, s'effectue à partir des termes de Langevin du tenseur des susceptibilités

$$(1) \qquad \chi^L_{zz} = -\frac{e^2}{2mc^2}\int (x^2 + y^2)\varphi_0^2\, d\tau,$$

$$(2) \qquad \chi^L_{xx} = \chi^L_{yy} = -\frac{e^2}{2mc^2}\int (x^2 + z^2)\varphi_0^2\, d\tau = \frac{1}{2}\chi^L_{zz} + \chi^L_{z},$$

avec

$$(3) \qquad \chi^L_{z} = -\frac{e^2}{2mc^2}\int z^2 \varphi_0^2\, d\tau$$

(*) Séance du 18 juillet 1955.

([1]) J. Tillieu et J. Guy, *Comptes rendus*, 239, 1954, p. 1203 et 1283.

et du terme correctif paramagnétique

$$(4)\qquad \chi^{+}_{xx}=\chi^{+}_{yy}=-\frac{2eh}{\pi mc}\int\varphi_0 f\left(z\frac{\partial}{\partial x}-x\frac{\partial}{\partial z}\right)\varphi_0\,d\tau-\frac{h^2}{2\pi^2 m}\int\left|\overrightarrow{\text{grad}}f\right|^2\varphi_0^2\,d\tau$$

($\chi^{+}_{zz}=0$ par raison de symétrie).

La fonction réelle $f(x, y, z)$ devrait être solution de l'équation d'Euler rendant (4) minimum, mais cette équation n'admettant pas en général de solution analytique simple, on remplace f par une fonction comportant un certain nombre de paramètres ajustables et présentant la symétrie indiquée par l'équation d'Euler.

Une fonction à un seul paramètre donne de bons résultats pour la molécule d'hydrogène ([2]), et nous prenons ici par analogie

$$(5)\qquad f=axz$$

en fixant l'origine des coordonnées au centre de gravité électronique.

Dans ces conditions, le développement de (4) montre que le terme correctif peut être déterminé très simplement à partir des seuls termes de Langevin par la formule

$$(6)\qquad \chi^{+}_{xx}=\chi^{+}_{yy}=-\frac{1}{2}\frac{(\chi^{L}_{zz}-2\chi^{L}_{z})^2}{\chi^{L}_{zz}+2\chi^{L}_{z}}.$$

2. Nous avons appliqué les formules précédentes au calcul effectif des susceptibilités magnétiques des simples liaisons C—C et C—H (hybridation tétraédrique), en adoptant les fonctions d'onde monoélectroniques φ_0 suivantes :

$$(7)\qquad \varphi_{CC}=N[\varphi_{C_1}+\varphi_{C_2}],$$

$$(8)\qquad \varphi_{CH}=N'[\varphi_{C}+k\varphi_{H}],$$

où φ_C représente l'orbitale dirigée

$$\varphi_C=\frac{1}{2}[\varphi_{2s}+\sqrt{3}\,\varphi_{2p_z}]=\frac{1}{2}\left[\left(\frac{\alpha^5}{3\pi}\right)^{\frac{1}{2}}r_C\,e^{-\alpha r_C}+\left(\frac{3\beta^5}{\pi}\right)^{\frac{1}{2}}r_C\cos\theta_C\,e^{-\beta r_C}\right]$$

et φ_H une orbitale hydrogénoïde 1s,

$$\varphi_H=\left(\frac{\varepsilon^3}{\pi}\right)^{\frac{1}{2}}e^{-\varepsilon r_H}.$$

Les coefficients α, β et γ sont :

les valeurs de J. C. Slater ([3]) :

$$\alpha=\beta=\frac{1,625}{a_0},\qquad \varepsilon=\frac{1}{a_0};$$

([2]) J. Tillieu et J. Guy, *Comptes rendus*, 240, 1955, p. 1402.

([3]) *Phys. Rev.*, 36, 1930, p. 57.

ou les valeurs de C. A. Coulson ([4]) établies pour le méthane :

$$\alpha = \frac{2,98}{a_0}, \qquad \beta = \frac{1,62}{a_0}; \qquad \varepsilon = \frac{1}{a_0}.$$

Les résultats obtenus sont réunis dans le tableau suivant (valeurs molaires $\times 10^6$) :

	$-\chi^L_{zz}$.	$-\chi^L_z$.	$-\chi^L_{yy}$.	$+\chi^{+}_{yy}$.	$-\chi_{yy}$.	$-\chi$.	$-\Delta$.
Liaison C–C :							
Valeurs de Slater.........	3,51	2,11	3,87	0,03	3,83	3,73	0,32
Valeurs de Coulson.......	2,29	3,71	4,86	1,36	3,50	3,10	1,21
Liaison C–H :							
Valeurs de Slater.........	4,08	2,30	4,33	0,02	4,32	4,24	0,16
Valeurs de Coulson :							
$-k=1$..............	3,46	2,91	4,64	0,30	4,34	4,05	0,88
$-k=0,943$ ([4])........	3,42	2,94	4,65	0,32	4,32	4,02	0,60

$\left(\text{avec } \chi = \frac{2}{3}\chi_{yy} + \frac{1}{3}\chi^L_{zz},\ \Delta = \chi_{yy} - \chi^L_{zz}\right)$.

3. Ces diverses valeurs permettent de calculer les susceptibilités moyennes des carbures saturés. En tenant compte de la susceptibilité des électrons $1s$ du carbone (0,15), on obtient :

— avec les valeurs de Slater :

$$\chi_{CH_4} = 4\chi_{CH} + \chi_{1s} = (4 \times 4,24) + 0,15 = 17,11,$$
$$\chi_{C_2H_6} = 6\chi_{CH} + \chi_{CC} + 2\chi_{1s} = (6 \times 4,24) + 3,73 + (2 \times 0,15) = 29,47,$$
$$\chi_{CH_2} = \chi_{C_2H_6} - \chi_{CH_4} = 29,47 - 17,11 = 12,36;$$

— avec les valeurs de Coulson :

— pour $k = 1$:

$$\chi_{CH_4} = 16,35, \qquad \chi_{C_2H_6} = 27,70, \qquad \chi_{CH_2} = 11,35;$$

— pour $k = 0,943$:

$$\chi_{CH_4} = 16,23, \qquad \chi_{C_2H_6} = 27,52, \qquad \chi_{CH_2} = 11,29.$$

Ces résultats théoriques sont en bon accord avec les valeurs fournies par la systématique de Pascal :

— anciennes valeurs ([5]) :

$$\chi_{CH_4} = 17,72, \qquad \chi_{C_2H_6} = 29,58, \qquad \chi_{CH_2} = 11,86;$$

— nouvelles valeurs ([6]) :

$$\chi_{CH_4} = 15,4, \qquad \chi_{C_2H_6} = 26,8, \qquad \chi_{CH_2} = 11,4.$$

([4]) *Trans. Far. Soc.*, 33, 1937, p. 388; *Proc. Phys. Soc.*, 54, 1942, p. 51.

([5]) P. Pascal *in* V. Grignard, *Traité de chimie organique*, 2, p. 553.

([6]) A. Pacault, N. Lumbroso et J. Hoarau, *Cahiers de Physique* n° 43, 1949, p. 54.

Il convient de remarquer que la fonction de Coulson conduit aux résultats les plus proches de l'expérience; elle diffère essentiellement de la fonction de Slater par l'indépendance des coefficients α et β.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Sur la désintégration de* ${}^{159}_{64}$Gd.

Note (*) de Mme **Nadine Marty**, présentée par M. Frédéric Joliot.

Désintégration de ^{159}Gd en deux spectres β : β_1, énergie maxima 948 ± 10 keV, aboutissant au niveau fondamental de ^{159}Tb, β_2 énergie maxima 598 ± 8 keV, intensité 16 %, suivi d'un photon de 364 keV très faiblement converti ($\alpha_k \sim 10^{-2}$). Transition au niveau 56 keV < 10 %.

La seule étude détaillée portant sur la désintégration de ^{159}Gd de période 18 h [1] signalait l'existence d'un photon de 364 keV émis en cascade avec un spectre β d'environ 0,9 MeV, d'un photon de 57 keV émis en cascade avec un spectre β d'environ 1,1 MeV, les deux photons n'étant pas en coïncidence. D'autre part, par excitation coulombienne du noyau formé ${}^{159}_{65}$Tb, de spin 3/2, on a mis en évidence des niveaux de rotation à 57 et 136 keV [2] se désexcitant par émission de photons de 57, 79 et 136 keV.

Le schéma donné par Jordan et al. étant en contradiction avec le fait qu'on n'observe pas de transition notable au niveau de 136 keV, nous avons repris l'étude de ^{159}Gd par spectrométrie β, spectrométrie γ et coïncidences entre spectromètre β et spectromètre γ. Les sources étaient préparées par irradiation en neutrons lents de Gd_2O_3 très pur, en particulier exempt d'europium. Les irradiations étaient de huit jours, à la pile P_2 de Saclay pour les mesures en coïncidence, de 36 h à la pile Zoë de Châtillon, lorsqu'il était important d'avoir une activité relative faible de ${}^{161}_{65}$Tb formé à la suite de la réaction $^{160}\text{Gd} + n \rightarrow {}^{161}\text{Gd} \xrightarrow[3,6\,\text{mn}]{\beta^-} {}^{161}\text{Tb} \xrightarrow[7\,\text{j}]{\beta^-} {}^{161}\text{Dy}$.

Au compteur à scintillation nous avons retrouvé le photon de 364 keV, le photon de 57 keV a une intensité faible et est masqué par la raie X de Tb, la raie γ de 46 keV de ^{161}Tb ainsi que par la raie X très intense de Eu attribuable à la formation de ^{153}Gd qui se désintègre par capture K. Nous n'avons pu mettre en évidence de coïncidences entre le photon de 364 keV et le photon de 57 keV ou la raie X correspondante.

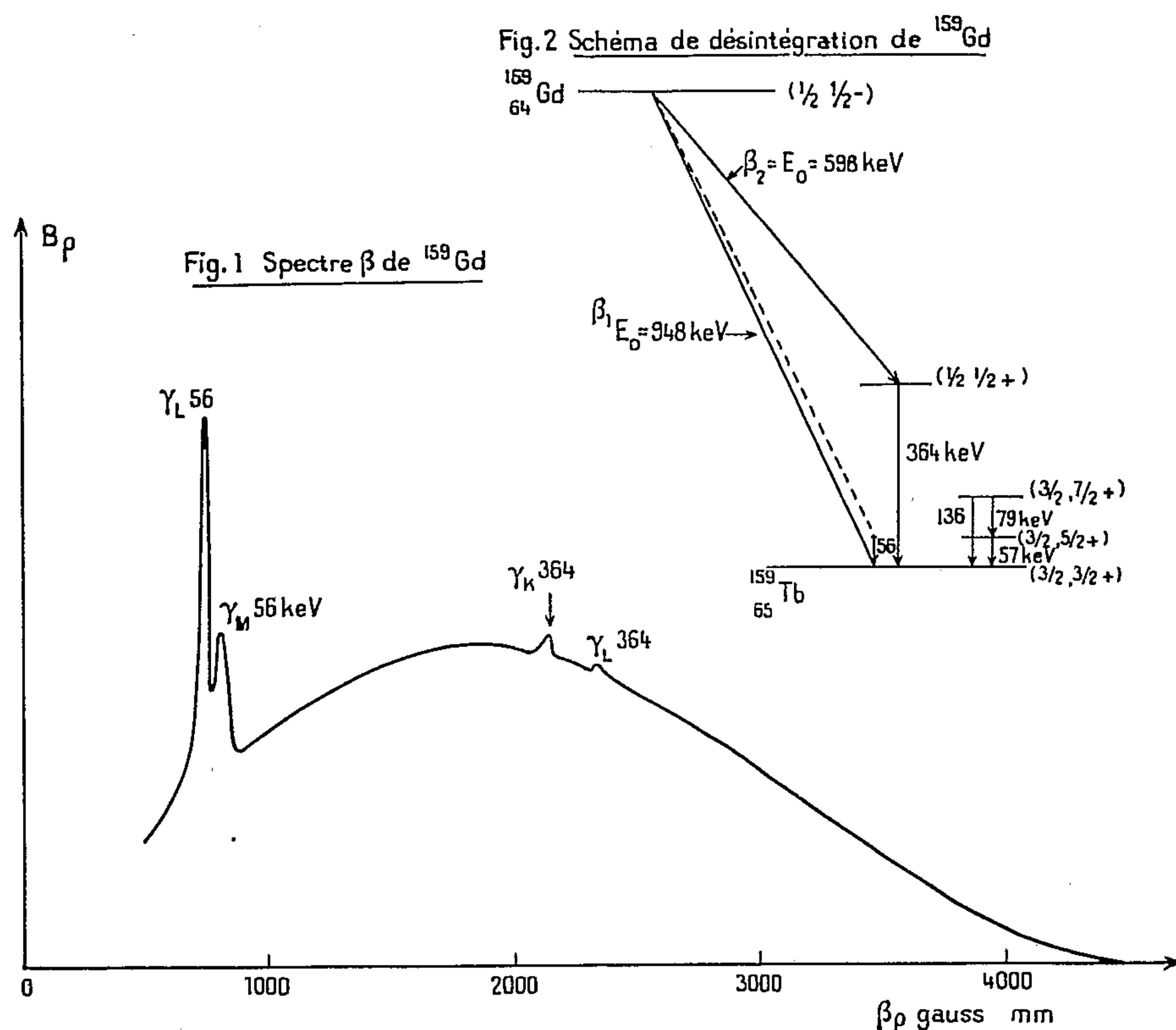
Au spectromètre β, avec des sources minces et des fenêtres de compteur de 120 μg/cm², après déduction de l'activité due à ^{161}Tb, nous avons obtenu un spectre β complexe se décomposant par la méthode des droites de Fermi en deux spectres partiels d'énergies maxima 948 ± 10 keV (intensité 80 %)

(*) Séance du 11 juillet 1955.

(1) W. C. Jordan, J. M. Cork et B. B. Burson, *Phys. Rev.*, 92, 1953, p. 315.

(2) D'après Huus et d'après Heydenburg et Temmer (Communication privée de Temmer).

et 630 ± 30 keV (intensité 20 %). L'étude du spectre β en coïncidence avec le photon de 364 keV nous a permis de préciser l'énergie maxima de ce deuxième spectre comme égale à 598 ± 8 keV et son intensité par comparaison avec le spectre β de ^{198}Au fait en coïncidence avec le photon de 410 keV comme égale à 16 %. Ceci conduit pour les deux spectres β à des valeurs de log. *ft* respectivement égales à 6,6 et 6,5 indiquant des interdictions du premier ordre avec $\Delta J = 0$, ou 1 et changement de parité (*fig.* 1).



On distingue (*fig.* 1) les raies de conversion K et L du photon de 364 keV. Elles sont très faibles et conduisent, compte tenu de l'intensité partielle du spectre β aboutissant à ce niveau, à un coefficient de conversion α_K de l'ordre de 10^{-2} compatible seulement avec une transition E_1, E_2 ou $M_1 + E_2$ à très faible proportion de M_1.

On note aussi les raies de conversion L et M (γ_L et γ_M) correspondant à un photon de 56 ± 1 keV. La raie de conversion L a une intensité faible qui conduit à admettre, pour le spectre β aboutissant à ce niveau, une intensité inférieure à 1/10e de celle du spectre β aboutissant au niveau fondamental. Cette faible intensité n'est pas due a une absorption dans la source car la raie de conversion L du photon de 46 keV de ^{161}Tb, que l'on peut étudier avec la même source, a une intensité relative, par rapport au spectre β correspondant,

de 20 fois supérieure à celle de la raie L du photon de 56 keV. Nous avons vérifié que la raie de conversion L n'était pas en coïncidence avec le photon de 364 keV.

Aucune autre raie de conversion n'ayant pu être distinguée, en particulier dans le domaine d'énergie correspondant à un photon de 79 keV, un tel photon ne peut suivre qu'une transition d'intensité inférieure à 5 % de l'intensité de la transition au niveau fondamental.

L'énergie maxima des spectres β d'une part, la faible intensité du photon de 56 keV d'autre part, nous ont conduit pour la désintégration de ^{159}Gd au schéma représenté sur la figure 2, le choix du spin 1/2 pour le niveau fondamental de ^{159}Gd s'expliquant par le fait que la transition au niveau de 56 keV est faible et qu'aucune raie importante correspondant à une transition au niveau de rotation de spin 7/2 n'a été mise en évidence.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Courbe d'activation du chlore par la réaction* ^{35}Cl(γ, n)^{34}Cl* *au voisinage du seuil, à l'aide d'un bétatron de* 22 MeV. Note (*) de MM. **Robert Basile, Claude Schuhl** et **Wilfrid Sebaoun**, transmise par M. Frédéric Joliot.

L'étude de la courbe d'activation de la réaction ^{35}Cl(γ, n) ^{34}Cl* présente des cassures à 13,13 $\pm$ 0,07 MeV; 13,51 $\pm$ 0,07 MeV; 13,72 $\pm$ 0,07 MeV; 13,89 $\pm$ 0,07 MeV et 14,10 $\pm$ 0,07 MeV. La valeur du seuil de la réaction étudiée : 12,79 $\pm$ 0,07 MeV permet de calculer la masse de ^{34}Cl égale à 33,984.781 $\pm$ 133 U. M. A. et de retrouver l'énergie maximum du spectre β^+ de ^{34}Cl : 4,57 $\pm$ 0,16 MeV.

Nous avons poursuivi l'étude déjà entreprise, au bétatron du Commissariat à l'Énergie atomique, pour mettre en évidence les discontinuités de pente (cassures) des courbes d'activation par réaction (γ, n) sur les éléments légers et moyens. Il est en effet intéressant de s'assurer de l'existence de ce phénomène sur les nuclides de numéro atomique croissant. C'est pourquoi après ^{16}O et ^{31}P (1), (2), nous avons examiné le cas de ^{35}Cl.

Les cibles étaient constituées par des pastilles de C_2Cl_6 obtenues en comprimant de la poudre à 30 tonnes/cm^2. Leurs dimensions étaient : diamètre, 30 mm; masse, 9 g. L'hexachloréthane a été purifié par M. May du Laboratoire Curie par sublimation puis recristallisation dans l'alcool et dans l'eau. Pour éviter la sublimation du produit pendant l'étude, les pastilles étaient enrobées d'une mince couche de paraffine (de l'ordre de 1/10e de millimètre).

L'activité induite de ^{34}Cl* [état excité de 142 keV du ^{34}Cl, β^+, période de 32,40 $\pm$ 0,04 mn (3)] était mesurée au compteur cloche type C. E. A. 13 A 6.

(*) Séance du 11 juillet 1955.

(1) R. Basile et C. Schuhl, *Comptes rendus*, **240**, 1955, p. 2399.

(2) C. Schuhl et R. Basile, *Comptes rendus*, **240**, 1955, p. 2512.

(3) D. Green et J. R. Richardson, *Phys. Rev.*, **96**, 1954, p. 858 (A).

Au-dessous du seuil, l'activité résiduelle observée doit être attribuée à ^{38}Cl [β^- de 37,29 ± 0,04 mn (⁴)] issu de la réaction $^{37}Cl(n, \gamma)^{38}Cl$ induite par les neutrons rapides créés par réaction (γ, n) sur les matériaux de protection.

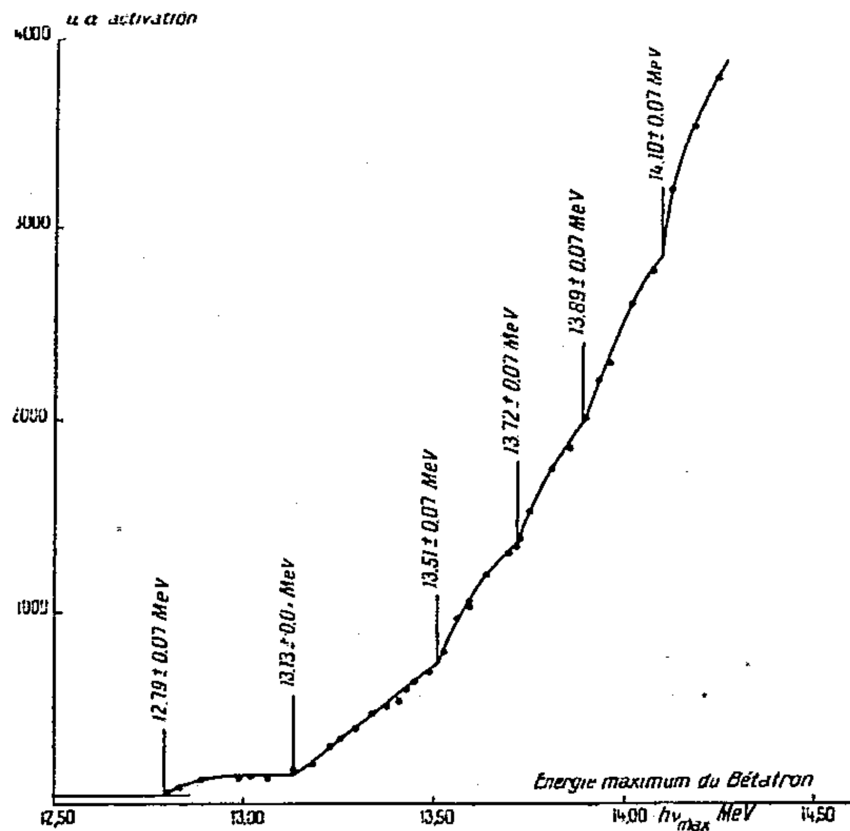


Fig. 1. — Courbe d'activation de la réaction $^{35}Cl(\gamma, n)^{34}Cl^*$ (Basile, Schuhl, Sébaoun).

Les résultats expérimentaux sont représentés sur la figure 1 et résumés dans le tableau.

$E - E_S$ (MeV)...	–	0,34	0,72	0,93	1,10	1,31
	–	± 0,04	± 0,04	± 0,04	± 0,04	± 0,04
E (MeV).......	12,79	13,13	13,51	13,72	13,89	14,10
	± 0,07	± 0,07	± 0,07	± 0,07	± 0,07	± 0,07

E, énergie des cassures; E_S, seuil de la réaction $^{35}Cl(\gamma, n)^{34}Cl^*$, soit 12,79 ± 0,07 MeV.

Dans la région comprise entre 13,13 et 13,51 MeV, l'existence d'une ou plusieurs autres cassures nous apparaît comme probable, mais la stabilité présente du bétatron ne nous permet pas de l'affirmer.

La figure 2 représente la variation de la racine carrée de l'activation en fonction de l'énergie maximum du bétatron. En première approximation, c'est une droite, sauf au voisinage immédiat du seuil, comme dans le cas de ^{16}O et de ^{31}P.

La valeur du seuil obtenu : 12,79 ± 0,07 MeV concorde avec la valeur obtenue pour le bilan énergétique de la réaction $^{35}Cl(\gamma, n)^{34}Cl$ ($Q_m = -12,8$ MeV) de la table des « niveaux énergétiques des noyaux légers » de P. M. Endt et J. C. Kluyver (⁵). Remarquons que la table des énergies de liaison de

(⁴) J. W. Cobblee et R. W. Atteberry, *Phys. Rev.*, 80, 1950, p. 917 (L).

(⁵) *Rev. mod. Phys.*, 26, 1954, p. 137.

N. Feather (⁶) ne contient pas la valeur du seuil de la réaction $^{35}Cl(\gamma, n)^{34}Cl$.

Cette valeur nous permet de calculer la masse de ^{34}Cl à partir de la masse de ^{35}Cl de K. T. Bainbridge (⁷) et de l'énergie d'excitation de $^{34}Cl^{*}(142 \pm 3\ \text{keV})$ (⁸) :

$$\text{masse de } ^{34}Cl = 33,984.781 \pm 133 \text{ U.M.A.}$$

De la masse de ^{34}Cl et de celle de ^{34}S, nous pouvons déduire l'énergie β^{+} maximum de la réaction $^{34}Cl(\beta^{+})\,^{34}S$.

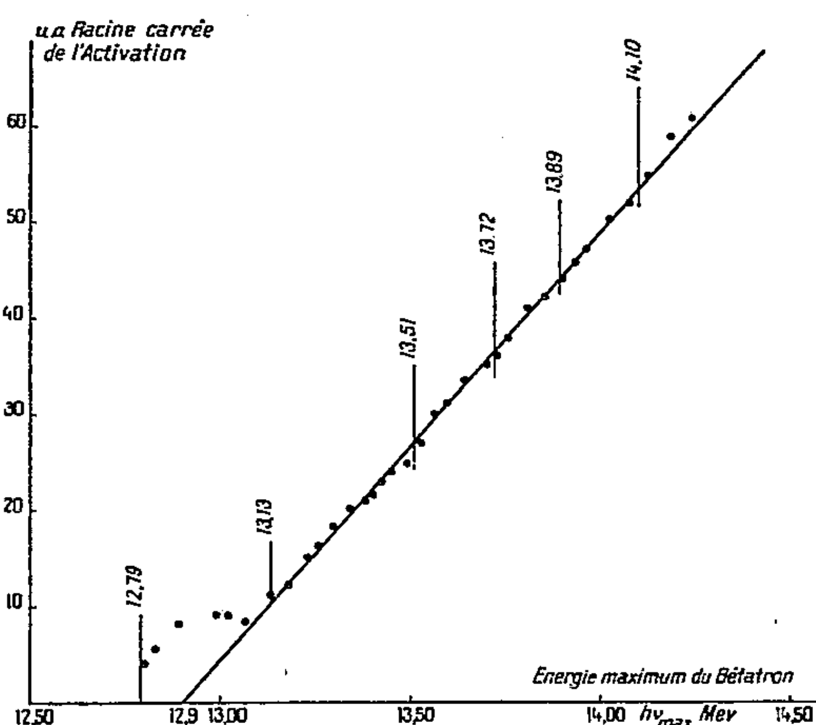


Fig. 2. — Racine carrée de la courbe d'activation de la réaction $^{35}Cl(\gamma, n)^{34}Cl^{*}$ (Basile, Schuhl, Sébaoun).

Énergie maximum β^{+} de $^{34}Cl = 4,57 \pm 0,16$ MeV, valeur en accord avec les résultats de $4,50 \pm 0,03$ obtenue par ailleurs (³).

Les résultats obtenus sur le chlore nous amènent à entreprendre maintenant l'étude de noyaux nettement plus lourds.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Radioactivité de* ^{159}Gd *et* ^{161}Tb. Note (*) de MM. **Roland Barloutaud** et **René Ballini**, transmise par M. Frédéric Joliot.

Deux transitions peu abondantes ont été mises en évidence par coïncidences dans le rayonnement de ^{159}Gd. D'autre part, nous avons montré que le spectre β le plus énergique de ^{161}Tb n'aboutit pas à l'état fondamental de ^{161}Dy, mais à un état excité (75 keV environ) de ce noyau.

Le spectre γ de sources d'oxyde de gadolinium spectroscopiquement pur (Johnson-Matthey), irradiées pendant 12 h à la pile de Châtillon,

(⁶) *Advances in Physics*, 2, nº 6, 1953, p. 169.

(⁷) E. Segre, *Experimental nuclear physics*, éd. 1953, p. 746.

(⁸) Rutherglen, Rae et Smith, *Proc. phys. Soc.*, 64 A, 1951, p. 906.

(*) Séance du 18 juillet 1955.

a été étudié avec un spectrographe à scintillations. Ce spectre était composé essentiellement de 4 « pics » correspondant aux énergies approximatives suivantes : 45, 75, 105 [1] et 365 keV. La décroissance des diverses composantes de ce spectre a été suivie au cours du temps. Sauf pour l'évaluation du « pic à 45 keV », un écran de 1 mm de cuivre séparait la source du détecteur.

De plus, des mesures de coïncidences ont été effectuées avec sélection d'amplitudes sur les deux voies [2], chacun des signaux qui définissent la coïncidence ayant une durée de 0,02 μs. Enfin, une source irradiée pendant une semaine à la pile de Saclay a été utilisée dans un spectromètre β à secteur magnétique [3].

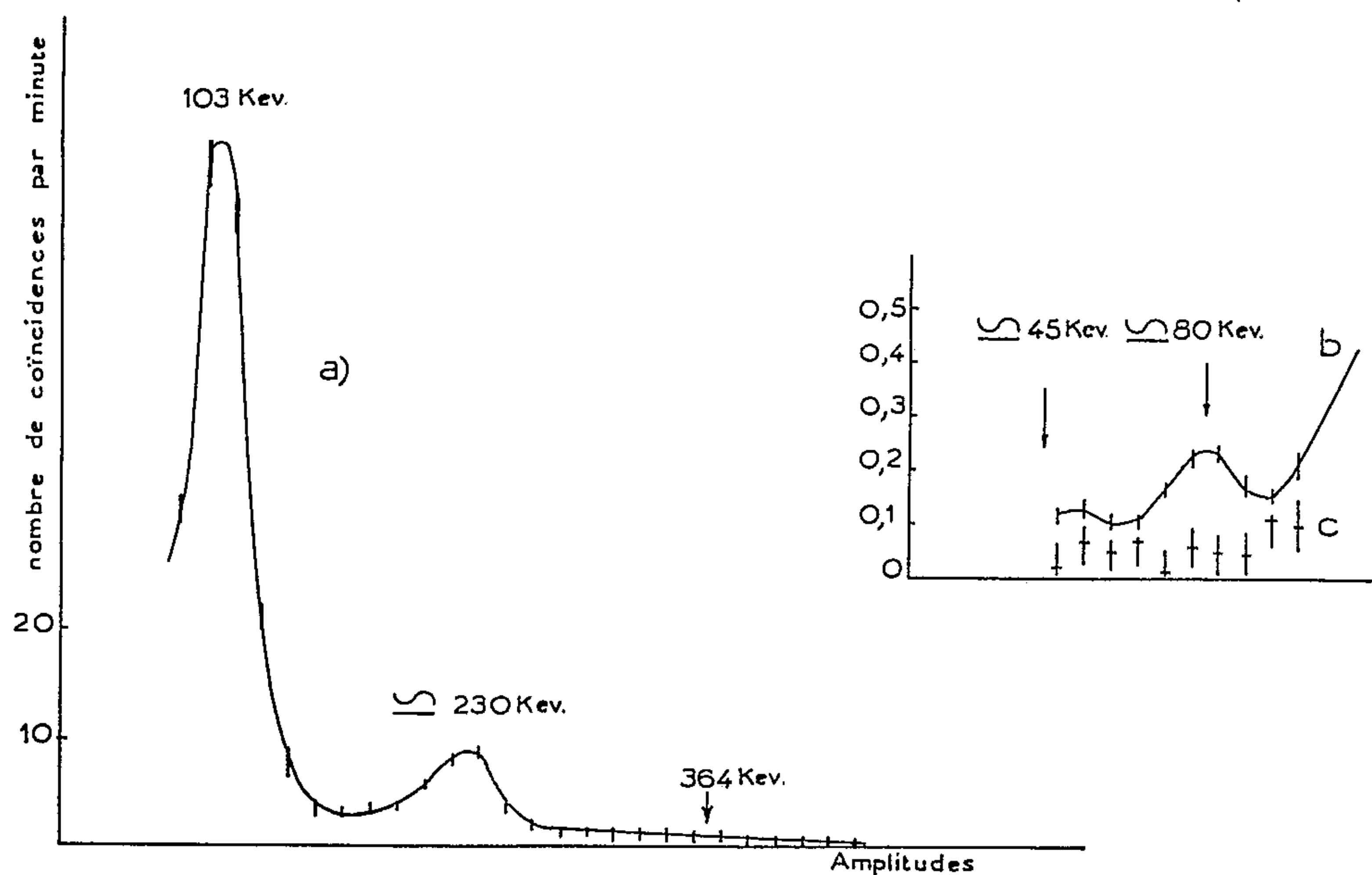


Fig. 1. — Coïncidences γ-γ. Spectre d'un détecteur γ en coïncidence avec des impulsions de l'autre, sélectionnées par un sélecteur à une bande. *a*. Bande sur le pic « 45 keV »; *b*. Bande sur le pic « 230 keV » de la figure 1*a* : la montée rapide est attribuable à l'effet Compton des γ de 364 keV et empêche la recherche de γ dans cette région; *c*. Bande sur le pic « 364 keV » (même ordre de grandeur que les coïncidences dues au mouvement propre).

Dans l'activité de 18 ± 0,2 h (^{159}Gd), nous avons notamment observé des γ d'environ 230 keV non visibles sur le spectre γ global, en coïncidence avec des photons du pic « 45 keV » (*fig.* 1 *a*) et des γ d'environ 80 keV, très peu visibles sur la courbe de décroissance à cette énergie, en coïncidence avec une bande réglée sur la région de 230 keV (*fig.* 1 *b*).

---

(1) E. L. Church. et M. Goldhaber, *Phys. Rev.*, 95, 1954, p. 626, KA 5 (^{153}Gd).

(2) R. Chaminade (non publié); *Cf.* P. Lehmann et J. Miller, *Comptes rendus*, 240, 1955, p. 1525.

(3) J. Moreau, *J. Phys. Rad.*, 15, 1954, p. 776.

Dans l'activité de 7,2 ± 0,5 jours (^{161}Tb), nous avons observé des γ d'environ 75 keV, des coïncidences « 45-45 keV » et « 45-75 keV », un spectre β (*fig.* 2 *a*) d'énergie limite 550 ± 10 keV s'écartant peu de la forme permise, des coïncidences entre β et photons d'environ 75 keV (*fig.* 2 *b* : le spectre β

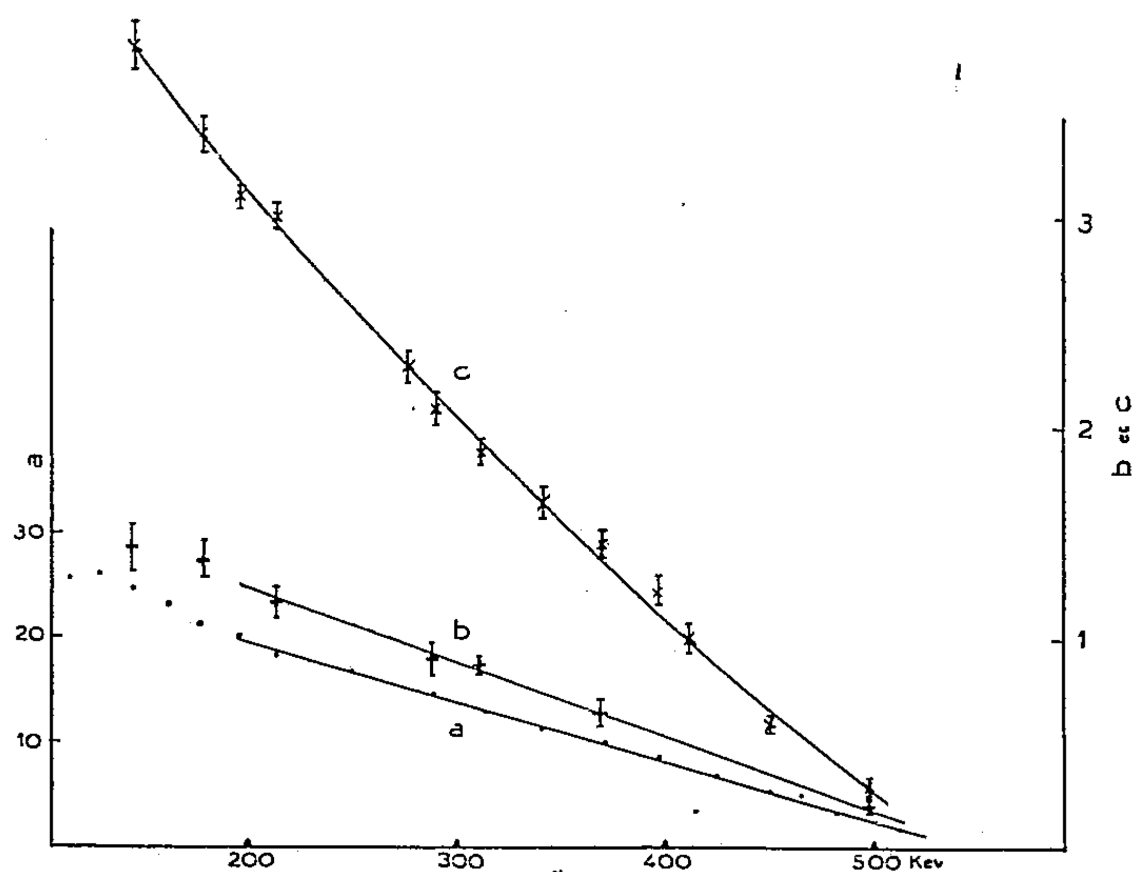


Fig. 2. — ^{161}Tb : diagrammes de Fermi.

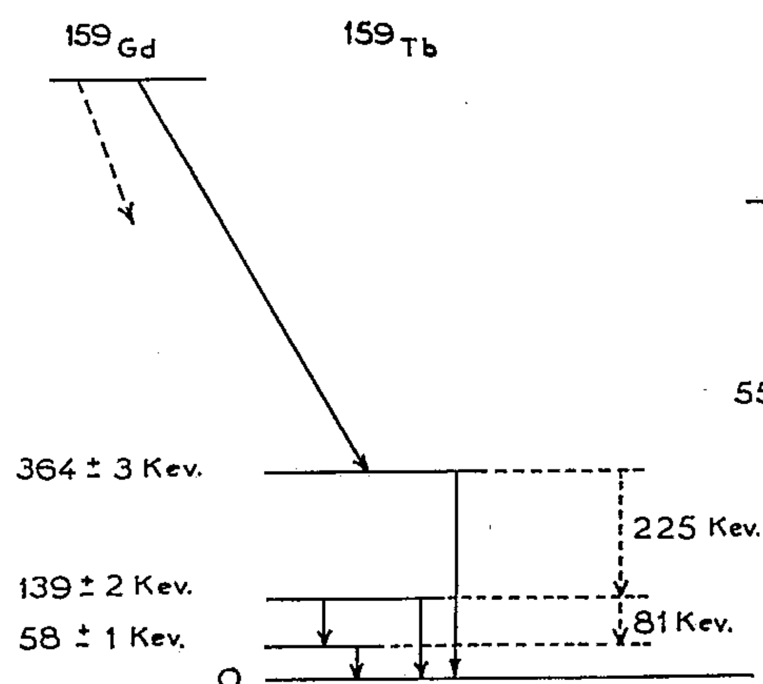


Fig. 3.

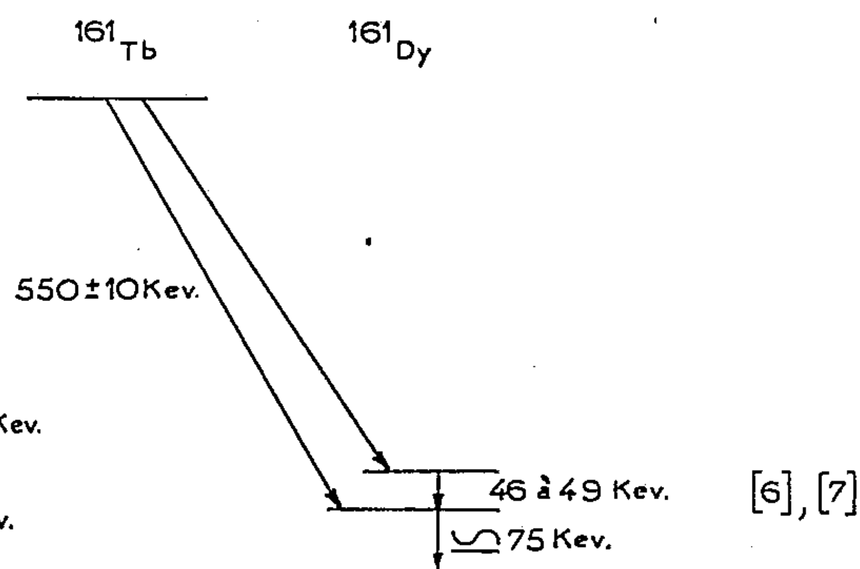


Fig. 4.

Fig. 3. — Niveaux de ^{159}Tb. En trait plein : transitions déjà connues (le deuxième état de rotation était signalé comme formé par excitation coulombienne (⁴) de ^{159}Tb). En pointillé : position proposée pour les transitions étudiées dans le présent travail.

Fig. 4. — Schéma proposé pour ^{161}Tb → ^{161}Dy.

a sensiblement même forme et même énergie limite que le spectre β total), des coïncidences entre β et photons de 47 à 48 keV (*fig.* 2 *c*).

Nos conclusions sont résumées par les figures 3 et 4.

(⁴) T. Huus (à paraître); N. P. Heydenburg et G. M. Temmer (Communication privée).

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Mesure de la section efficace de capture de ^{236}U pour un spectre de neutrons de pile.* Note (*) de MM. **Jean-Michel Auclair, Pierre Hubert, René Joly** et **Georges Vendryes**, présentée par M. Francis Perrin.

La mesure absolue de l'activité β de ^{237}U formé dans une pile par la réaction $^{236}U(n, \gamma)^{237}U$ permet le calcul de la section efficace moyenne de capture radiative de ^{236}U. La valeur obtenue pour la pile de Saclay est de 24 ± 7 barns. La précision est principalement limitée par l'incertitude sur la section efficace de capture radiative de ^{235}U et sur la section efficace d'activation du cobalt.

Principe des mesures. — Le ^{236}U est produit dans les piles, par la réaction $^{235}U(n, \gamma)^{236}U$, à un taux supérieur à n'importe quel produit de fission. Sa période étant de $2,4.10^7$ ans, il a paru intéressant de mesurer sa section efficace moyenne de capture pour un spectre de neutrons de pile.

La détermination de cette section efficace résulte de la mesure absolue de l'activité β de ^{237}U formé par la réaction ^{236}U (n, γ) ^{237}U dans un échantillon irradié à la pile de Saclay.

Le ^{236}U nécessaire a été produit par une longue irradiation préliminaire dans le canal central de la pile d'un échantillon d'uranium enrichi en ^{235}U.

Le flux intégré correspondant à cette irradiation, a été mesuré à l'aide d'un échantillon de cobalt irradié en même temps et dans les mêmes conditions; la connaissance de la section efficace de capture radiative de ^{235}U permet donc le calcul de la quantité de ^{236}U formée.

Après décroissance de ^{237}U formé au cours de cette première partie de l'expérience, l'échantillon a été de nouveau introduit au centre de la pile, pendant une semaine, et le flux intégré reçu pendant cette irradiation a été encore mesuré à l'aide de cobalt. Puis on a purifié l'uranium de l'échantillon par séparation chimique et préparé une source mince destinée aux comptages.

La mesure absolue de l'activité α de cette source, faite au compteur 4π fonctionnant en régime proportionnel, permet le calcul de la fraction de l'échantillon initial entrant dans sa composition; la mesure absolue de l'activité totale $\alpha + \beta$, faite au compteur 4π fonctionnant en compteur Geiger, permet, par différence avec la mesure précédente, de connaître la quantité de ^{237}U contenue dans la source.

Ces mesures, donnant la quantité de ^{237}U formée à partir d'une quantité connue de ^{236}U, déterminent la section efficace recherchée.

Il y a lieu de remarquer que, pour que le résultat obtenu soit correct, il est nécessaire que la séparation chimique ait éliminé de l'échantillon tous les émetteurs α formés pendant l'irradiation, c'est-à-dire, pratiquement le ^{239}Pu,

(*) Séance du 18 juillet 1955.

et tous les émetteurs β formés autres que ^{237}U, c'est-à-dire, les produits de fission et le ^{239}Np. Par contre, l'activité de l'UX et de l'UY, qui se forment dans l'uranium fraîchement séparé, est tout à fait négligeable.

En ce qui concerne le plutonium, la spectrométrie α a permis de vérifier qu'il ne représentait pas plus de deux pour cent de l'activité α totale de l'échantillon.

Pour contrôler la séparation des produits de fission et du ^{239}Np, nous avons suivi la décroissance de l'activité de la source : les produits de fission à vie longue ont imposé des corrections n'excédant pas trois pour cent et nous n'avons pas eu à faire de corrections pour le ^{239} Np.

Une autre correction est due à la formation de ^{237}U par la réaction ^{238}U $(n, 2n)$ ^{237}U. Pour en tenir compte, nous avons irradié un échantillon d'uranium appauvri en ^{235}U. Cet échantillon a été soumis au même traitement chimique et aux mêmes mesures que l'échantillon précédent. On a pu ainsi évaluer l'importance de la réaction $(n, 2n)$.

Résultats. — Les activités absolues des échantillons de cobalt utilisés pour les déterminations des flux intégrés ont été mesurées par la méthode des coïncidences γ-γ et nous avons adopté pour la section efficace d'activation du ^{59}Co la valeur $34,8 \pm 2,0$ barns à 2 200 m/s et pour la période du ^{60}Co la valeur $5,2 \pm 0,1$ ans.

Pour le calcul de la quantité de ^{236}U formée dans la première partie de l'expérience, nous avons admis que la section efficace de capture radiative de ^{235}U est égale à 107 ± 5 barns à 2 200 m/s et le calcul a été conduit en admettant une variation en $1/v$ de cette section efficace.

Nos mesures conduisent aux valeurs suivantes :

— Proportion de réactions ^{238}U $(n, 2n)$ ^{237}U par rapport aux réactions ^{238}U (n, γ) ^{239}U dans le flux de la pile de Saclay : $3,1 \pm 0,8 . 10^{-4}$.

— Section efficace moyenne de capture radiative de ^{236}U dans le flux de la pile de Saclay : 24 ± 7 barns.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Étude expérimentale de la radioactivité β double du cadmium* 116. Note de MM. **Jean-François Detoeuf** et **Raymond Moch**, présentée par M. Francis Perrin.

Le cadmium 116 est l'un des noyaux pour lesquels l'énergie disponible dans une transition β double est la plus grande ([1]). On peut en effet évaluer la différence de masse nucléaire $E_0 = {}^{116}\text{Cd} - {}^{116}\text{Sn}$ à $3,79 \pm 0,37$ MeV. Notre expérience a tenté de mettre en évidence une radioactivité β double de ^{116}Cd

([1]) J. F. Detoeuf, *Th. Sc. Phys.*, Paris, 1955.

présentant les caractères de la théorie de Furry ([2]), ([3]), c'est-à-dire un processus sans émission de neutrino du type ($^{116}Cd \rightarrow {}^{116}Sn + 2e^-$) dans lequel la somme E_c des énergies cinétiques des électrons émis serait constante et égale à 2,77 MeV.

a. Dispositif expérimental. — La source est placée entre deux compteurs à scintillations C_1 et C_2 protégés du rayonnement environnant par un château de plomb de 10 cm d'épaisseur et une double couronne de compteurs de Geiger montés en anticoïncidence. Les scintillateurs plastiques sont tels que l'énergie abandonnée par des particules cosmiques de grande énergie les traversant tous deux est très supérieure à 3 MeV. Les électrons provenant de la source ont à traverser une épaisseur de matière au plus égale à 17 mg/cm² avant d'atteindre l'un des scintillateurs. A une coïncidence provoquée dans C_1 et C_2 par deux électrons d'énergie E_1 et E_2 correspond dans chaque canal une impulsion qui est transformée électroniquement en signal triangulaire d'amplitude x_0 ou y_0, à temps de montée rapide et à temps de descente proportionnel à la hauteur de l'impulsion. Ces deux signaux sont appliqués, l'un aux plaques X, l'autre aux plaques Y d'un oscillographe cathodique, dont la grille de commande ne libère le faisceau que pendant une durée de 500 μs après une coïncidence de C_1 et C_2 ne correspondant à aucune impulsion dans les compteurs de Geiger. Le spot atteint donc rapidement le point de coordonnées (x_0, y_0), se déplace parallèlement à la bissectrice des axes jusqu'à ce que l'un des signaux se soit annulé, et regagne l'origine le long d'un axe. En inclinant les axes de l'écran par rapport à l'axe de déroulement continu de la pellicule dans l'appareil photographique d'enregistrement, il est facile de rassembler sur un seul film les phénomènes survenus pendant une durée de douze heures, puis de mesurer à l'agrandisseur les énergies E_1 et E_2 après avoir étalonné l'appareil au moyen de sources de rayonnement γ. Le temps de résolution du sélecteur de coïncidences est de 0,15 μs; la résolution des compteurs est de 12 %.

b. Expérience. — Nous avons comparé les rayonnements émanant de deux isotopes du cadmium obtenus par séparation magnétique à Harwell au cours d'une même opération. La source contient 80 mg de ^{116}Cd (abondance isotopique : 81,0 %) présumé radioactif β double; l'échantillon de référence renferme 80 mg de ^{114}Cd (abondance : 95,3 %) présumé stable. Les deux dépôts de sulfure de cadmium ont été préparés de façon identique.

Entre 2,0 et 3,5 MeV, le nombre des coïncidences dues au bruit de fond est de l'ordre de 1 coup/heure. Pour conduire à une statistique convenable, la mesure doit donc durer quelques centaines d'heures; les deux échantillons ont été étudiés alternativement pendant des intervalles de 5 et 10 heures répartis de

---

([2]) FURRY, *Phys. Rev.*, 56, 1939, p. 1185.
([3]) PRIMAKOFF, *Phys. Rev.*, 85, 1952, p. 888.

façon à équilibrer les variations diurnes. L'influence du coefficient personnel dans le dépouillement a été réduite en respectant jusqu'au bout l'anonymat des sources. On a vérifié quotidiennement la stabilité des amplificateurs et des compteurs ainsi que le fonctionnement des compteurs de protection, et l'on a rejeté tous les enregistrements qui n'étaient pas compris entre deux vérifications satisfaisantes.

c. Résultats. — Nous avons retenu au total 200 heures d'enregistrement pour chacun des échantillons. Le nombre total des traces enregistrées a été de 6986. Nous n'avons mesuré que celles correspondant à une somme des énergies supérieure à 1,5 MeV; le nombre des traces mesurées est alors de 1467. Pour chacun des échantillons, on a dressé le spectre de la somme des énergies, en prenant des bandes de 0,5 MeV, et en admettant que les traces sont dues à des électrons.

Si l'on calcule dans chaque bande l'écart réduit entre les deux courbes, on vérifie que ses valeurs ne sont pas supérieures à celles que l'on aurait obtenues si les deux échantillons avaient été identiques. Dans l'ensemble des trois bandes comprises entre 2,0 et 3,5 MeV, l'échantillon de ^{116}Cd a donné 109 coups en 200 heures, celui de ^{114}Cd 106 coups. Le nombre moyen des coups supplémentaires dus à l'activité de ^{116}Cd est alors inférieur à 37/200 coups/heure. Compte tenu d'une correction d'angle solide, et d'un facteur de corrélation angulaire en $(1+\cos\theta)$ (³), on déduit, en appelant τ la vie moyenne de ^{116}Cd,

$$\tau > 0,6 \times 10^{17} \text{ ans.}$$

Ce résultat ne permet pas d'exclure la possibilité d'une radioactivité β double sans émission de neutrino.

Le calcul de Primakoff (³) (pour une transition du type $[\Delta J = 0, \textit{non}]$, une interaction tensorielle, une valeur de $|M'|^2$ prise égale à 0,01 par analogie avec la radioactivité β ordinaire, et avec $G = 4 \times 10^{-12}$ et $Z = 48$) prévoit pour $E_0 = 3,79$ MeV, une valeur $\tau = 2,1 \times 10^{16}$ ans, légèrement inférieure à notre limite. Mais la valeur choisie pour $|M'|^2$ est assez arbitraire. On peut admettre, par ailleurs, que tout autre type d'interaction est peu probable. Enfin, la valeur prévue par M. Goeppert-Mayer (⁴), pour une radioactivité β double avec émission de deux neutrinos serait $\tau \sim 8,7 \times 10^{20}$ ans.

(⁴) *Phys. Rev.*, 48, 1935, p. 512.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur l'existence de deux zones d'instabilité dans la floculation d'un hydrosol de chlorure d'argent par l'acétate de cuivre.* Note (*) de Mme **Ginette Watelle-Marion**, transmise par M. Eugène Darmois.

L'étude de la floculation d'un hydrosol négatif de AgCl à l'état naissant par une solution d'acétate de cuivre révèle l'existence de deux zones d'instabilité. Le phénomène disparaît lorsqu'on ajoute à la solution une quantité convenable d'acide nitrique ou d'acide acétique.

L'étude de la floculation, provoquée par des ions tri- ou tétravalents a permis de remarquer dans quelques cas l'existence de deux zones d'instabilité [1], [2]. Nous avons observé un phénomène analogue avec un ion bivalent (Cu^{++}) en étudiant la floculation d'un hydrosol négatif de AgCl à l'état naissant par une solution d'acétate de cuivre.

La préparation du sol et les mesures photométriques qui permettent de suivre son évolution sous l'action de l'électrolyte ont été exposées dans une Note précédente [3]. Rappelons que la méthode de détermination de la valeur caractéristique de floculation consiste à relever, à un instant donné, les pentes P des courbes qui représentent l'opacité du sol en fonction de la concentration m de l'électrolyte coagulateur. La concentration correspondant au maximum de la courbe $P = f(m)$ est la valeur caractéristique de floculation.

Comme le montre la figure, cette courbe présente, pour le mélange étudié, deux maxima auxquels correspondent deux valeurs caractéristiques de floculation : 0,0015 et 0,155 mole/l. Dans la zone I on ne constate aucune influence de l'électrolyte. La zone II, première zone d'instabilité, est caractérisée par une bande très étroite comprise entre les concentrations $a = 0,0008$ et $b = 0,002$ mole/l. Dans ce domaine l'opacité du mélange croît rapidement et la floculation a lieu en quelques minutes. Au-delà de la première valeur caractéristique de floculation (0,0015 mole/l) l'évolution du sol est de plus en plus lente et se traduit par une diminution de la pente des courbes d'opacité. La vitesse d'évolution devient nulle dans la zone III. Pour des concentrations supérieures à 0,08 mole/l (zone IV) on constate à nouveau une évolution rapide du sol qui flocule en quelques minutes. C'est la deuxième zone d'instabilité. Nous n'avons pas observé cette « double floculation » avec d'autres élec-

(*) Séance du 11 juillet 1955.

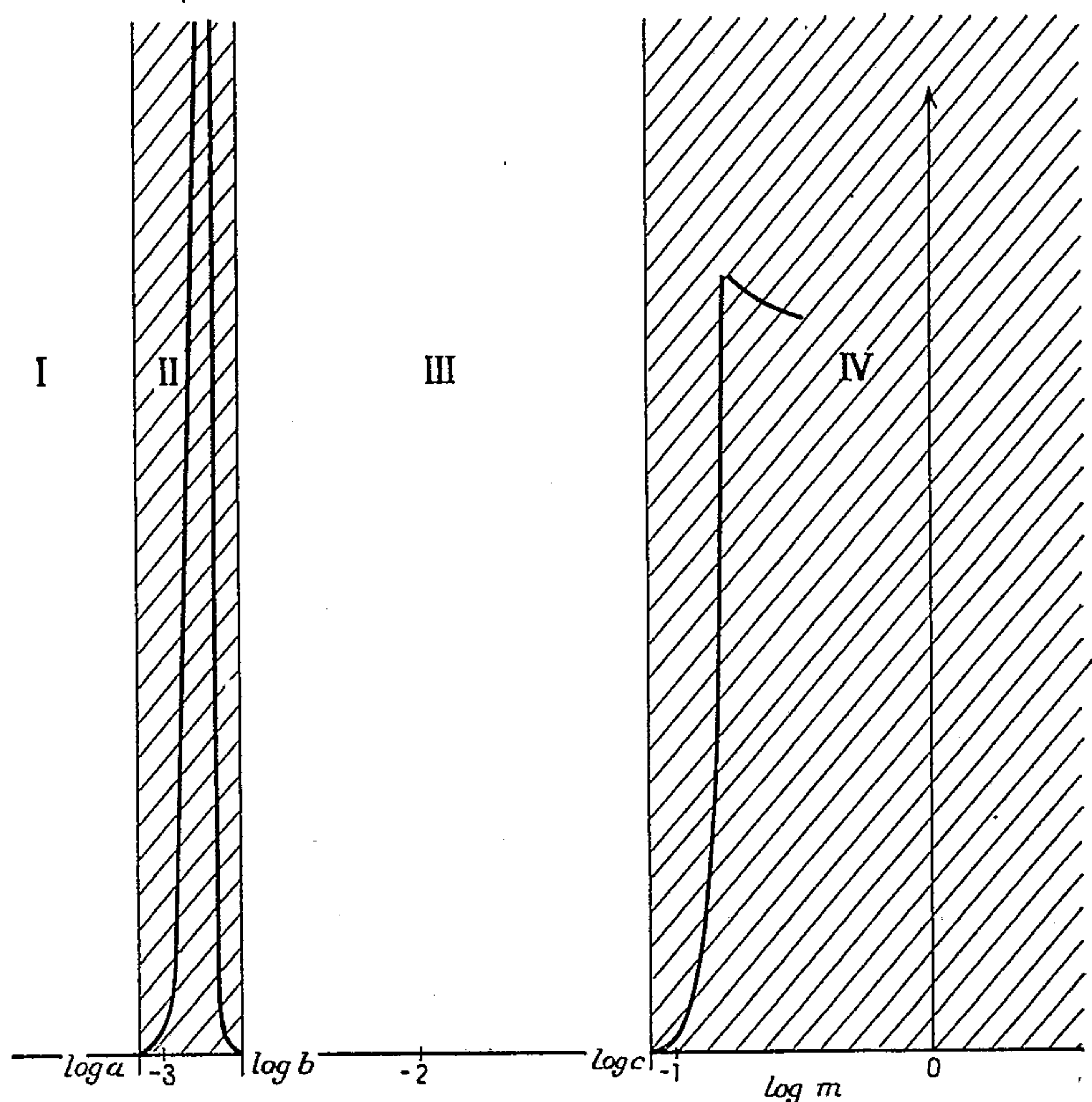
(1) A. Boutaric et Mlle Perreau, *Comptes rendus*, 183, 1926, p. 205.

(2) A. Boutaric et Mlle Dupin, *Comptes rendus*, 184, 1927, p. 326.

(3) R. Amiot, Y. Doucet et G. Watelle, *Comptes rendus*, 236, 1953, p. 1955.

trolytes (nitrates alcalins, alcalino-terreux, nitrate de cuivre, acétates alcalins, acétate de nickel).

On est tenté d'attribuer la première floculation à l'action des ions bivalents Cu^{++}, la seconde à celle des ions monovalents Ac Cu^{+}. Cependant les résultats que nous a fournis l'étude de la dissociation de l'acétate de cuivre ([4]) ne permettent pas d'interpréter le phénomène d'une manière satisfaisante.



Au cours d'une première série de recherches, nous nous sommes attaché à modifier deux propriétés essentielles de l'acétate de cuivre, sa faible ionisation et son hydrolyse; ceci par l'addition soit d'acide nitrique, soit d'acide acétique. L'action de ces deux acides est différente aussi bien sur le sol que sur l'électrolyte.

L'acide nitrique, dont les ions NO_3^- ne complexent pas le cuivre, provoque un recul de l'hydrolyse et une augmentation très sensible de la dissociation. La valeur caractéristique de floculation de HNO^3, agissant seul, est 0,0324 mole/l.

([4]) Y. Doucet et Mlle G. Watelle, *Comptes rendus*, 240, 1955, p. 1616.

L'acide acétique, très faiblement ionisé, ne modifie pas sensiblement l'équilibre de dissociation mais fait régresser l'hydrolyse. Employé seul comme agent floculant, il n'exerce aucune action sur le sol.

Ajoutés en faible quantité à l'acétate de cuivre, ces acides produisent des effets analogues : élargissement de la zone II et étirement de la zone IV vers les faibles concentrations. A partir d'une certaine teneur en acide (environ 0,005 mole/l) ces deux zones se rejoignent et l'on n'observe plus qu'une seule zone d'instabilité.

Ces premiers résultats semblent indiquer que le phénomène ne dépend pas seulement de la dissociation partielle du sol mais aussi de son hydrolyse.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Mise en évidence par conductimétrie de complexes cuivriques des alanines.* Note (*) de M. **Jean Curchod**, présentée par M. Georges Chaudron.

En utilisant des titrages conductimétriques nous avons réussi à montrer dans le cas de α-, β-, et phényl-alanines, l'existence des deux complexes Cu(alanine) et Cu(alanine)$_2$. De plus, on peut, dans certains cas, supposer que chacun de ces complexes se trouve sous plusieurs formes en équilibre.

Il paraît intéressant d'utiliser les titrages conductimétriques pour mettre en évidence les complexes métalliques des aminoacides, certains facteurs (nombre des ions, mobilités, etc.) nécessaires à l'obtention de bons titrages étant réalisés dans ce cas.

Nous avons effectué des titrages de l'ion cuivrique par les trois alanines (α-, β- et phényl-) et inversement, en employant un montage de Kohlrausch de type courant (émetteur à lampes, amplificateur à trois étages, pont à fil enroulé de 10 m, boîte de résistances de précision à six décades); la température est maintenue constante à $\pm$ 0,1° C. L'eau bidistillée est de conductibilité inférieure à 10^{-6} mho/cm.

Afin que les courbes représentent uniquement les variations de conductibilité dues à la présence ou à la transformation des différents complexes au cours du titrage les corrections nécessaires ont été faites : correction de dilution, correction pour la conductibilité des ions H^+ ou OH^-.

Trois des courbes de titrage obtenues sont données par les figures 1 à 3. Dans les trois cas, les courbes présentent deux points anguleux correspondant respectivement, étant donné les concentrations des réactifs utilisés, aux deux complexes Cu (alanine) et Cu (alanine)$_2$.

De plus les figures 2 et 3 représentatives des titrages du cuivre par la β- et par la phényl-alanine apportent quelques indications complé-

(*) Séance du 18 juillet 1955.

mentaires sur ces complexes. Tout d'abord, les courbes possédant des pentes beaucoup plus grandes au début du titrage qu'au voisinage du premier point d'équivalence, ceci semble indiquer l'existence de deux complexes du type 1 — 1 en équilibre, mais de mobilités différentes.

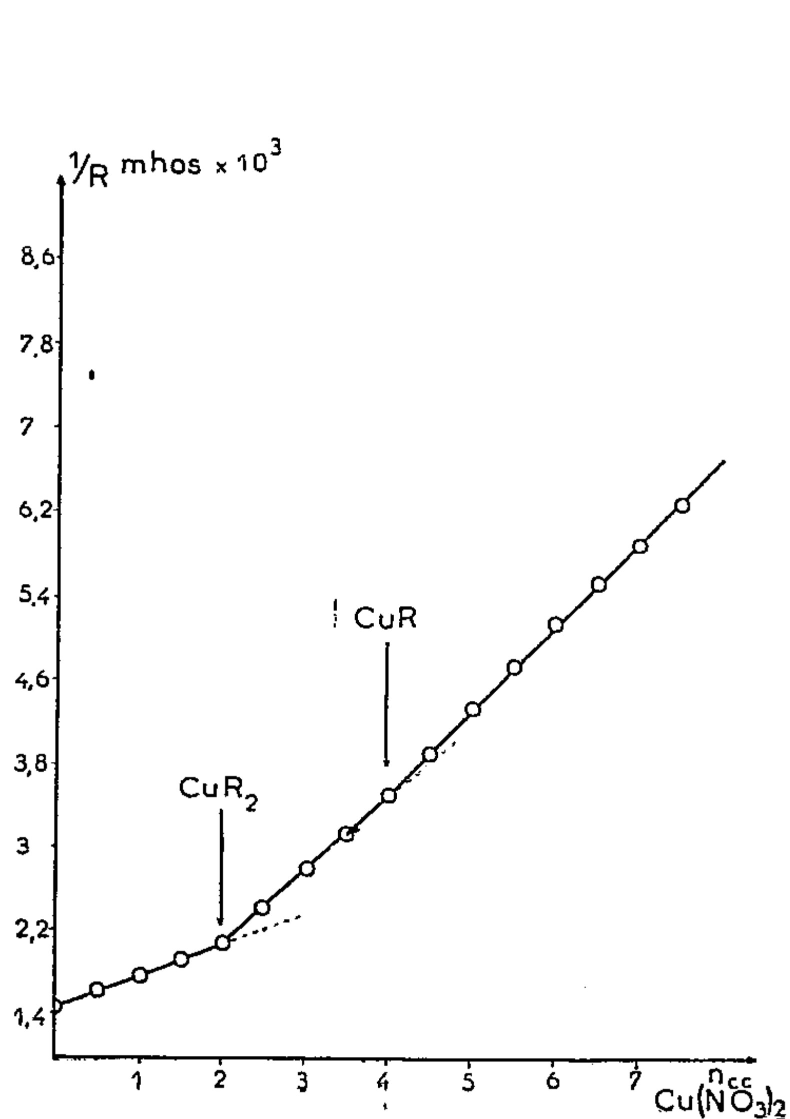


Fig. 1.

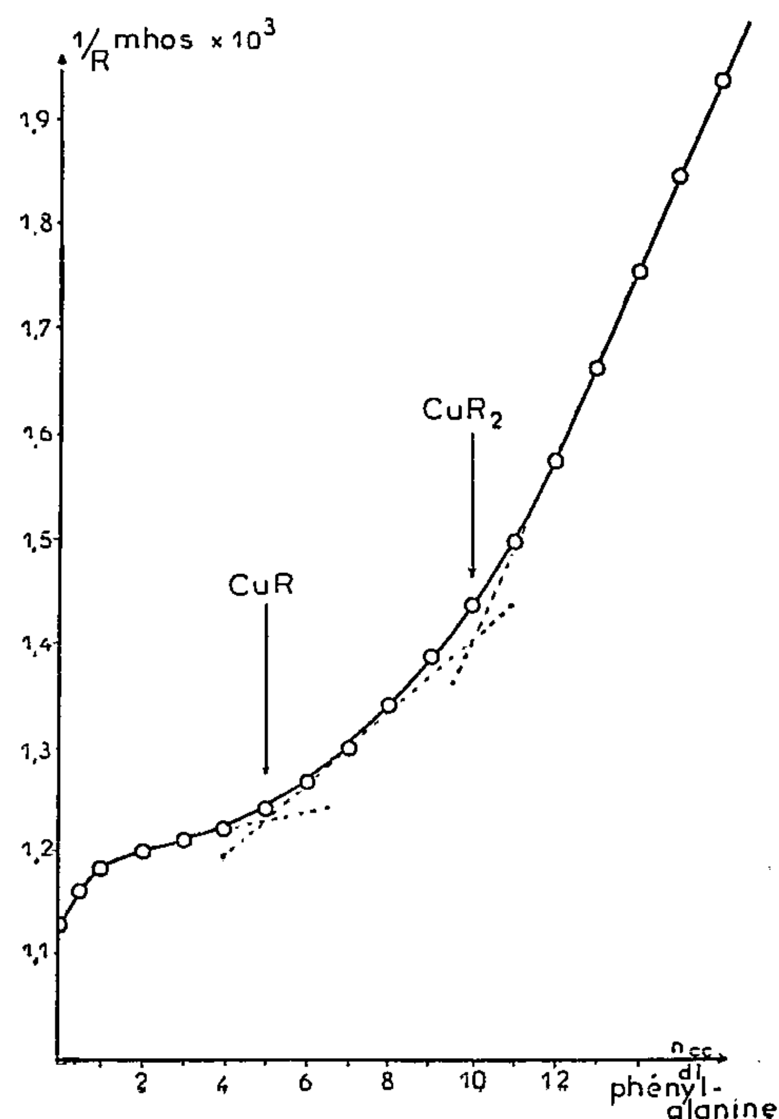


Fig. 2.

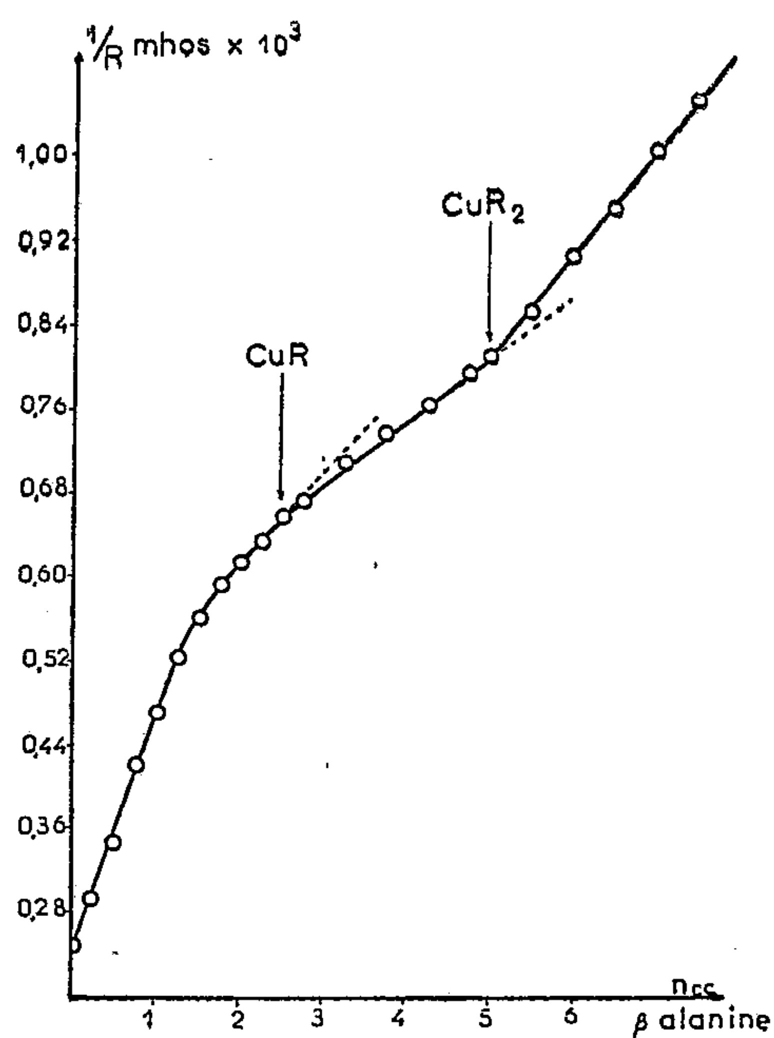


Fig. 3.

Ces deux complexes sont vraisemblablement de forme CuR^{++} et CuR^{+}, la lettre R ne représentant d'ailleurs pas le même ion acide aminé. Au pH du début de titrage, l'ion CuR^{++}, plus mobile, est en quantité notable. Puis le pH augmentant au fur et à mesure de l'addition d'acide aminé l'équilibre est déplacé dans le sens $CuR^{++} \rightarrow CuR^{+} + H^{+}$ de telle sorte que, au pH du premier point d'équivalence, l'ion CuR^{+} prédomine largement.

En outre, les points d'équivalence ne sont pas marqués par des points anguleux nets sur les figures 2 et 3 contrairement à ce qui a lieu pour la figure 1, ce qui indique que plusieurs formes ioniques sont en équilibre.

La méthode conductimétrique permet donc de conclure avec certitude à l'existence des deux complexes Cu (alanine) et Cu $(alanine)_2$ pour les trois alanines considérées. De plus, il semble très probable que pour les β- et phényl- alanines chacun de ces complexes se trouve sous deux formes en équilibre.

Dans une prochaine publication et en employant une autre méthode, nous verrons qu'il en est bien ainsi, même dans le cas de l'α-alanine.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Interaction entre la fluorescéine et le bromure de cétyltriméthyl-ammonium en milieu organique.* Note de M. **Hermann A. Zutrauen**, présentée par M. Jacques Duclaux.

Le sel sodique de la fluorescéine devient soluble dans le chloroforme en présence d'un détergent cationique. Les spectres d'absorption dans le visible laissent supposer que c'est un complexe colorant-détergent qui est extrait dans le milieu organique.

Dans un travail précédent ([1]), j'ai admis qu'en solution aqueuse la fluorescéine (sous la forme du sel sodique) se polymérise en présence du bromure de cétyl-triméthyl-ammonium (C_{16}), probablement avec formation d'un complexe colorant-détergent qui donne un maximum d'absorption optique vers 500 mμ. Cette interaction a lieu en présence ainsi qu'en l'absence des micelles.

Dans le présent travail, j'ai traité des solutions aqueuses, qui contenaient la fluorescéine et le C_{16}, par le chloroforme, et j'ai trouvé que la fluorescéine, qui (sous la forme du sel sodique) n'est pas soluble en milieu organique, peut être extraite dans le chloroforme en présence du détergent cationique qui peut se trouver soit à l'état micellaire, soit à l'état non-micellaire.

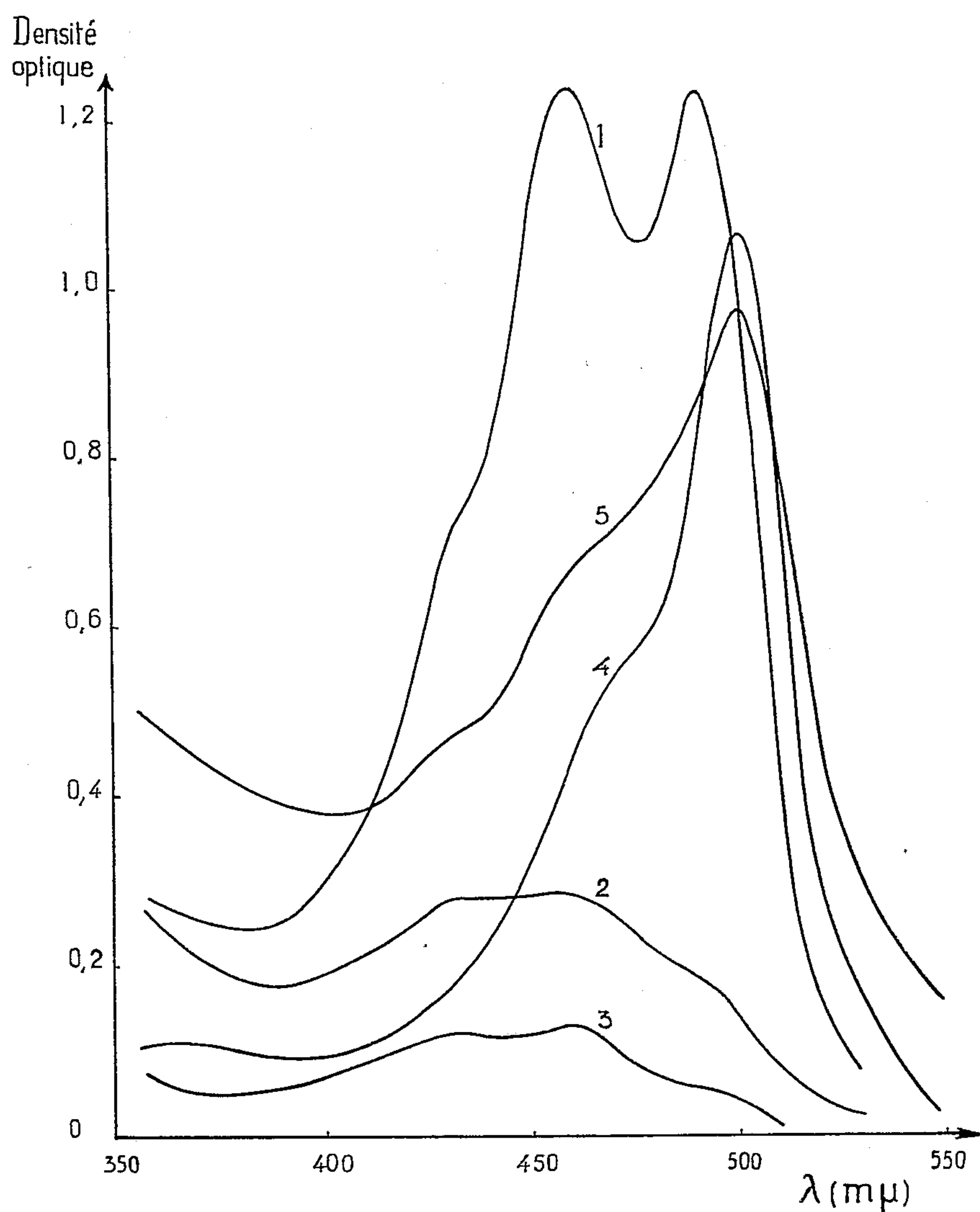
A titre d'exemple, la figure 1 représente quelques résultats. Les

([1]) *Étude tensiométrique et colorimétrique d'une série homologue de sels d'ammonium quaternaires* (2e partie) à paraître au *Journal de Chimie-Physique.*

courbes 1, 2, 3 ont été établies à partir des solutions dans le chloroforme. Les concentrations molaires en colorant et en détergent des solutions aqueuses qui servaient à l'extraction étaient les suivantes :

	Courbe 1.	Courbe 2.	Courbe 3.
Fluorescéine........	$1,38.10^{-3}$	$1,38.10^{-3}$	$7,17.10^{-4}$
Détergent...........	$4,40.10^{-3}$ (micellaire)	$1,29.10^{-4}$ (non-micellaire)	$8,40.10^{-4}$ (approximativement concentration critique micellaire)

A concentration élevée, le spectre d'absorption dans le chloroforme (courbe 1) montre deux maxima (vers 490 et 460 mμ) qui sont situés à



Spectres d'absorption de la fluorescéine en présence du bromure de cétyl-triméthyl-ammonium.

peu près au même endroit que les maxima observés dans le cas où la fluorescéine est seule en solution aqueuse ([1]), ([2]), ([3]). Lorsque la concentration diminue (courbes 2, 3), le maximum vers 490 mμ disparaît, et l'autre maximum (vers 460 mμ) devient un palier.

Après avoir établi les spectres 1 et 3 dans le chloroforme, j'ai évaporé le solvant organique et j'ai redissous le résidu dans l'eau. Les solutions aqueuses ainsi obtenues donnaient respectivement les spectres 4 et 5 dont le maximum se trouve vers 500 mμ, ce qui correspond au maximum d'absorption du complexe fluorescéine-détergent en milieu aqueux. Mais dans le cas où j'ai effectué l'extraction à partir d'une solution non-micellaire (courbe 2), le résidu qui est resté après l'évaporation du chloroforme n'était plus soluble dans l'eau.

Comme l'extraction peut être effectuée également à partir des solutions micellaires et non-micellaires et comme la substance extraite absorbe à 500 mμ après avoir été remise en solution aqueuse dans le cas où elle est soluble, on pourrait supposer que c'est le complexe détergent-colorant qui est extrait par le chloroforme, bien que les spectres dans le solvant organique ressemblent plutôt à ceux de la fluorescéine seule dans l'eau.

CRYOMÉTRIE. — *Étude cryométrique de la structure de quelques sels alcalins à anions oxygénés dissous dans le chlorure de sodium et l'eutectique* $F^2Ca - FNa$. Note (*) de MM. **Jonas Harrison**, **Georges Petit** et **René Plancel**, présentée par M. Eugène Darmois.

Ce travail a eu pour but d'étudier la structure de sels oxygénés du type phosphates, borates, silicates, tungstates, molybdates, dissous dans certains sels fondus non oxygénés.

Leur étude avait déjà été faite à plus haute température dans des solvants comparables, silicates ([1]), tungstates, molybdates, titanates dans la cryolithe ([2]), où la coupure en oxyde acide et ion oxygène avait été détectée. A plus basse température dans ClNa (F 800°, $K = 20{,}5$) ([3]), l'un d'entre nous a établi le comportement de divers anions phosphoriques et boriques.

Il pouvait être intéressant de continuer cette étude mais celle-ci s'est révélée très délicate, tout au moins du point de vue de l'interprétation des courbes

([2]) Hakenbeck, *Ann. Phys.*, [5], 1, 1929, p. 469.
([3]) Holmes, *J. Amer. Chem. Soc.*, 46, 1924, p. 2770.

(*) Séance du 18 juillet 1955.
([1]) G. Petit, *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 615.
([2]) Mergault, *Comptes rendus*, 237, 1953, p. 485.
([3]) J. Harrison, *Comptes rendus*, 241, 1955, p. 298.

cryométriques de Raoult, par suite de l'existence de différents facteurs de perturbation.

La décroissance des courbes en fonction des molarités croissantes (*fig.* 1) peut en effet être la conséquence

a. De la coupure de l'anion complexe et regroupement des tronçons;

b. Formation éventuelle de cristaux mixtes aussi bien à partir de l'anion complexe que du cathion Li^+ dans le cas de ses sels;

c. Du fait qu'un sel de lithium pourrait être un électrolyte faible.

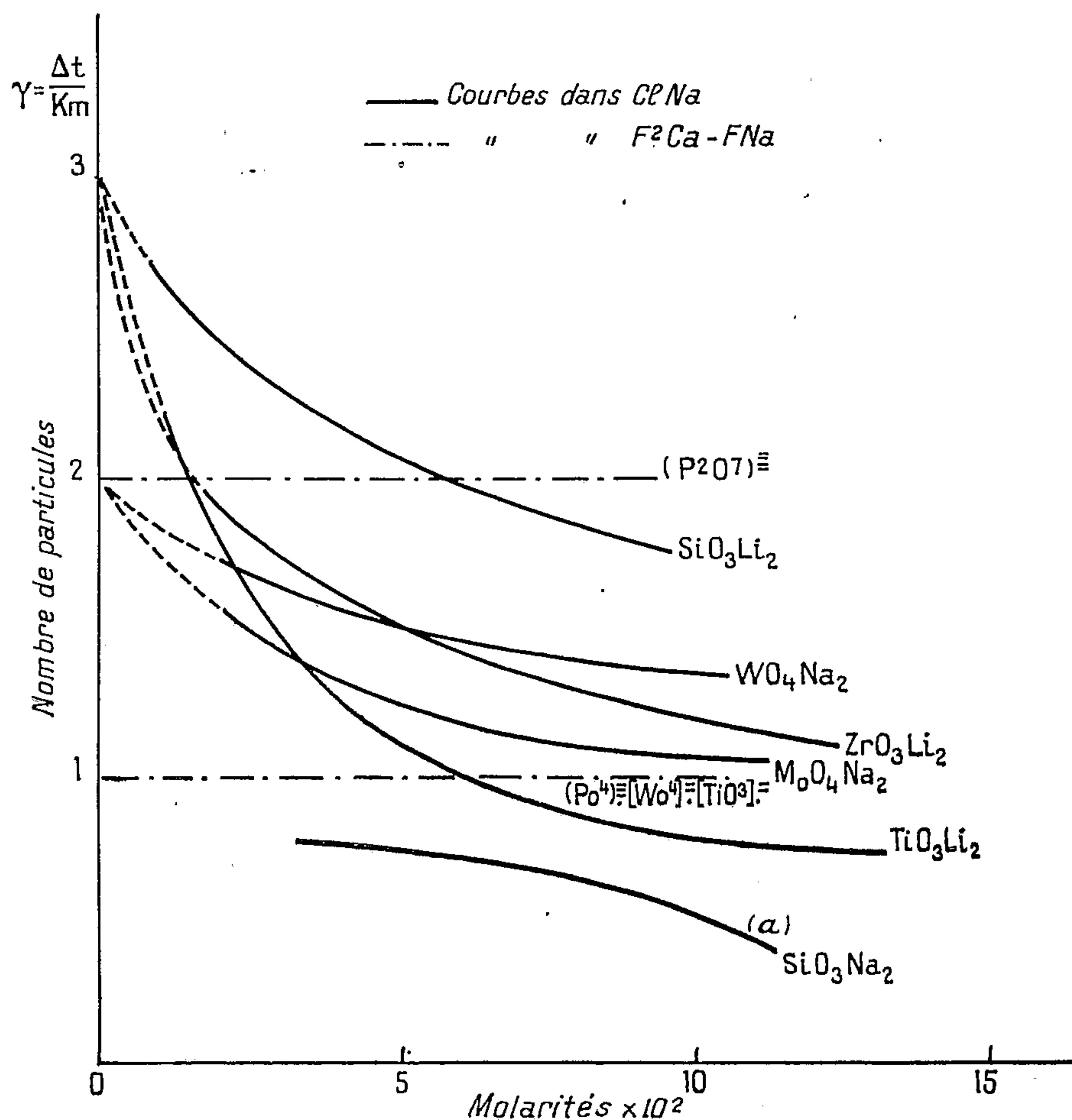


Fig. 1. — *Courbes cryométriques dans* ClNa *et l'eutectique* F_2Ca — FNa. — $\nu = \frac{1}{K}\frac{(\Delta t)}{(m)}$ représente à la limite pour $m = 0$ le nombre de particules étrangères au solvant données par une molécule initiale.

Pour résoudre ce problème il faut remarquer :

1° que OLi_2 donne pratiquement une horizontale, avec $(\lim \nu)_{m=0} = 3$, traduisant ainsi une ionisation totale à ces concentrations et la non-formation, décalable par cryométrie à la précision de l'expérience, de cristaux mixtes pour le système Cl Na — Li_2O.

2° que les anions ne se coupent pas, en effet cette coupure produirait de l'oxyde acide (SiO_2, TiO_2, etc.) insoluble dans ce solvant [3]. Le sel devrait donc se comporter alors comme OLi_2 ce qui n'est pas.

On peut retenir alors la seconde hypothèse, à savoir que la décroissance des courbes cryométriques est due uniquement à la formation de cristaux mixtes provenant de l'anion complexe.

Ceci est corroboré :

1° par l'étude du métasilicate de sodium, montrant une courbe analogue qui ne peut être qu'une confirmation de cette hypothèse, car

$$[\lim \nu_{SiO_3Na_2}]_{m=0} = 0,7$$

indépendamment de toute intervention d'un dérivé du lithium;

2° par la non-coupure des tungstates, titanates dans l'eutectique F_2Ca — FNa à même point de fusion. (F 810°, K = 25 établi par dissolution de F_2Ba, FK, ClNa [4])].

Ceux-ci donnent en effet des horizontales avec $(\lim \nu)_{m=0} = 1$ pour un ion complexe décelant en outre la non-formation de cristaux mixtes dans ce solvant fluoré).

Il semble que cette non-coupure entraîne *a fortiori* la non-coupure dans ClNa.

Ajoutons enfin que les anions orthophosphoriques et pyrophosphoriques donnent respectivement une et deux particules (sans doute $(PO_4)^{\equiv}$ et $(PO_3)^-$ [5]) dans cet eutectique, confirmant ainsi l'identité des comportements de certains anions dans ces deux solvants [3].

En résumé, malgré la formation de cristaux mixtes et la coexistence de plusieurs facteurs de perturbation, il a été possible de montrer grâce à une étude critique que les anions étudiés n'étaient point clivés, dans les zones de concentration accessibles à l'expérience.

ÉLECTROCHIMIE. — *Sur le mécanisme de la pulvérisation cathodique des conducteurs électrolytiques. Cas d'une solution concentrée d'un électrolyte fort.* Note (*) de M. **Pierre Barret**, présentée par M. Eugène Darmois.

Nous avions examiné dans une Note précédente [1] le cas d'une solution diluée en prenant comme exemple une solution N/1000 de KCl. Pour passer au cas d'une solution concentrée, par exemple d'une solution de KCl N, nous conviendrons de conserver les mêmes approximations, c'est-à-dire d'admettre

(5) R. Plancel, *Diplôme d'Études supérieures* (à paraître).

(*) Séance du 18 juillet 1955.

(1) *Comptes rendus*, 240, 1955, p. 305.

la dissociation totale, de négliger momentanément les associations, la couche d'eau superficielle et l'écart entre la répartition réelle des ions et leur distribution aux sommets de cubes élémentaires. Dans ces conditions, la valeur de la chute cathodique n'ayant pas sensiblement varié, la densité de charge créée en surface par le champ est encore de l'ordre de $0,8.10^{12}$ anions/cm^2. Cette quantité peut être négligée devant la densité des ions à la surface qui atteint maintenant : $(1,2.10^{21})^{2/3} = 1,1.10^{14}$ ions de signes contraires par centimètre carré. Comme dans 1 cm^2, peuvent tenir serrés côte à côte $3,5.10^{15}$ anions Cl^-, le nombre des anions effectivement présents n'est que 60 fois environ inférieur à cette densité limite contre 4000 fois dans le cas d'une solution N/1000. Les chances pour qu'un ion positif gazeux exerce un choc direct sur un anion sont donc beaucoup plus importantes. Mais il ne semble pas que les anions puissent être extraits individuellement de la phase liquide sous l'action du champ électrique intense en échappant aux forces de cohésion. En fait, l'expérience nous montre que la rupture des forces de cohésion a pour conséquence l'arrachement d'une gouttelette de la phase liquide et non pas d'un anion individuel. Toute cause d'affaiblissement des forces de cohésion, comme l'étalement d'une mince couche liquide sur un matériau isolant ou sur une matière poreuse favorise l'arrachement des gouttelettes conformément à l'expérience (²). Il en résulte que la pulvérisation du liquide doit être d'autant plus intense que les ions positifs de l'étincelle ont de chances de s'approcher d'un anion.

L'interprétation de la première loi de la pulvérisation traduisant la proportionnalité de la masse de liquide pulvérisé à l'intensité du courant, à concentration constante, est alors immédiate, les rencontres entre les ions positifs gazeux et les anions étant d'autant plus nombreuses que le courant est intense.

La seconde loi exprime qu'à intensité électrique constante, la masse de liquide pulvérisé est une fonction croissante de la concentration des ions. En traduisant la probabilité pour un ion positif de rencontrer un anion de préférence à une molécule d'eau par le rapport entre la densité superficielle des anions correspondant à la concentration C et la densité limite supposant les anions serrés côte à côte, et en admettant que le nombre des gouttelettes arrachées est proportionnel à ce rapport, on peut construire une courbe théorique donnant en fonction de la concentration la masse de liquide pulvérisé exprimée par la relation ;

$$m = K\,\frac{a^2\sqrt{3}}{4}\left(\frac{2\,NC\alpha}{1\,000}\right)^{\frac{2}{3}},$$

m étant la masse pulvérisée; a le rayon de l'anion sec; N le nombre d'Avogadro; C la concentration; K une constante; $(1-\alpha)$ le degré d'association de Bjerrum.

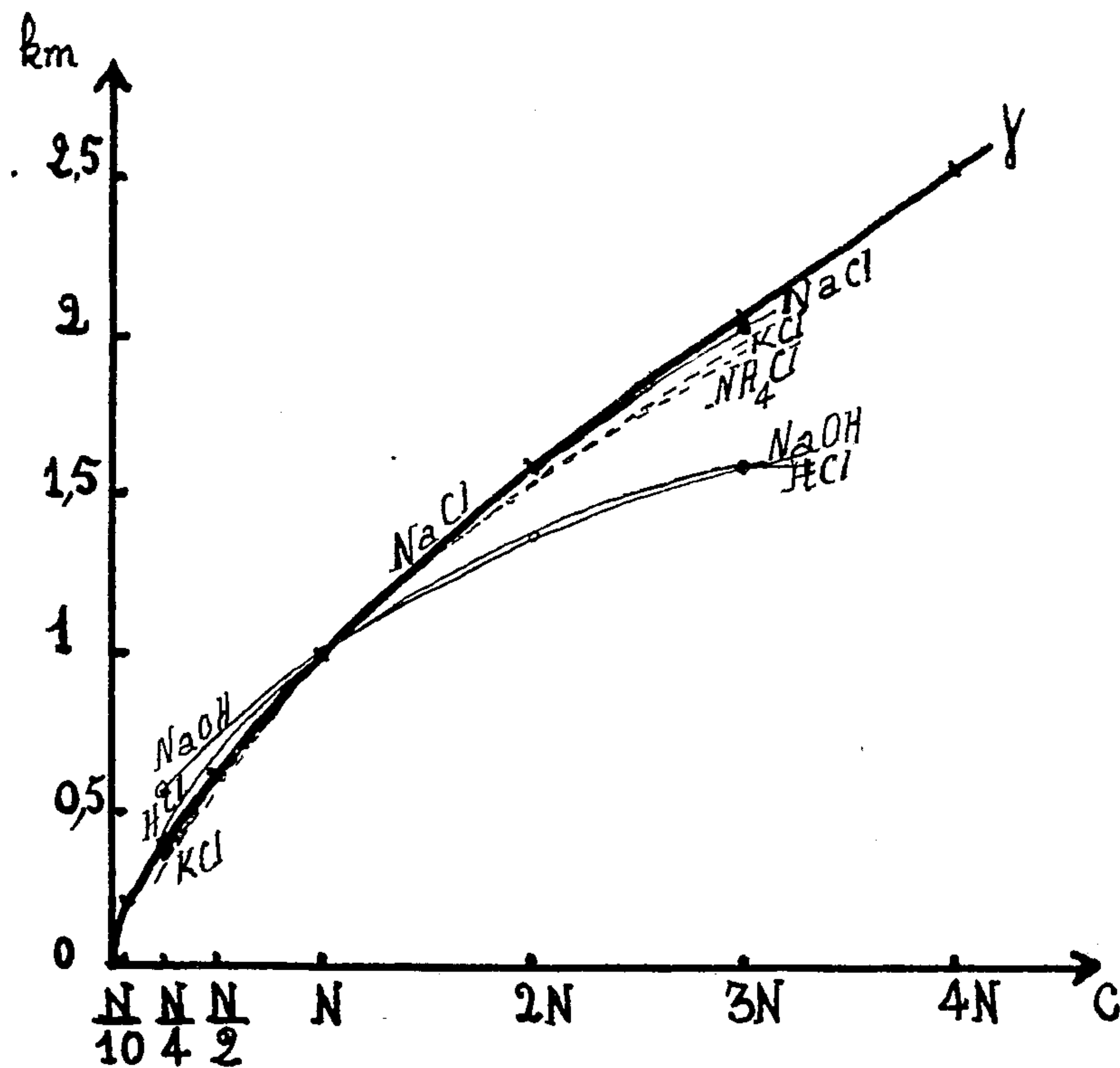
(²) *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 1212.

Portons dans un tableau en fonction de la concentration les valeurs de :

$$\gamma = \frac{1}{1,13}\left(\frac{2NC}{1000}\right)^{\frac{2}{3}} . 10^{-14} \qquad \text{(on admet } \alpha = 1\text{)}.$$

	N/10.	N/4.	N/2.	N.	2N.	3N.	4N.
γ...........	0,22	0,39	0,63	1	1,59	2,08	2,53
KCl........	–	0,31	0,61	1	1,5	1,85	–
NaCl.......	–	0,30	0,62	1	1,58	2,02	–
NH_4Cl......	–	0,29	0,62	1	1,47	1,85	–
$NaNO_3$......	–	0,28	0,53	1	1,32	1,6	–
NaOH......	–	0,60	0,78	1	1,32	1,55	–
HCl........	–	0,41	0,72	1	1,34	1,5	1,55

et comparativement, les valeurs expérimentales en grammes par coulomb que nous avons publiées il y a plusieurs années (³). Le graphique (I) permet de constater que les courbes expérimentales ont une allure très voisine de la courbe théorique.

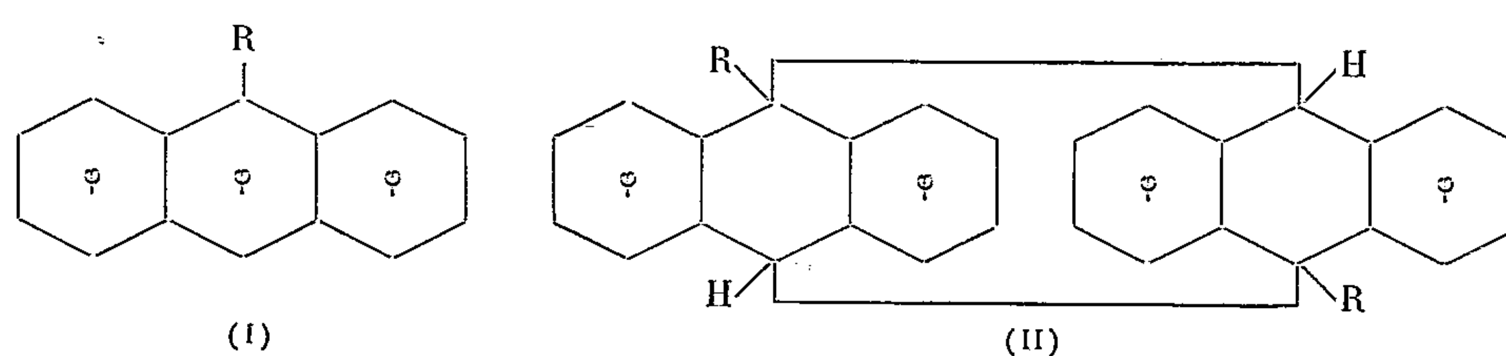


L'accord relativement satisfaisant entre l'expérience et l'interprétation théorique même avec les approximations et les simplifications qu'elle comporte permet de justifier notre hypothèse de l'origine électrostatique du phénomène.

(³) *Thèse* (II), *Publ. Sc. et Tech. du Min. de l'Air*, NT nº 48, p. 59, tableau XI, 1953.

MAGNÉTOCHIMIE. — *Étude magnétochimique des photopolymères anthracéniques*. Note (*) de MM. **Raymond Calas, Jean Hoarau, Robert Lalande** et **Adolphe Pacault**, transmise par M. Paul Pascal.

L'anthracène et certains de ses dérivés mésosubstitués (I) se dimérisent sous l'action des rayons ultraviolets. Nous avons cherché à confirmer par l'étude des susceptibilités magnétiques la formule (II) attribuée à ces photopolymères (1) :



Le passage de la formule (I) à la formule (II) s'accompagne en effet de la disparition du caractère aromatique des noyaux méso et l'on doit s'attendre, pour le photopolymère, à une dépréciation importante de la susceptibilité magnétique, ce qui avait déjà été observé pour le dimère de l'anthracène lui-même (2), (3).

Les mesures de susceptibilités magnétiques moyennes sur les composés solides pulvérisés ont été faites avec une balance du type de celle de Weiss, Foex et Forrer (4), le corps de référence étant l'eau dont la susceptibilité spécifique a été prise égale à $-0{,}720.10^{-6}$. La précision des mesures est de l'ordre de 1 %.

Le calcul des susceptibilités magnétiques a été réalisé à l'aide de la systématique de Pascal récemment révisée (5) ($\chi_C = -7{,}4.10^{-6}$; $\chi_H = -2{,}0.10^{-6}$; $\chi_O = -5{,}3.10^{-6}$; $\lambda_{C=C} = +5{,}5.10^{-6}$; $\lambda_{CH_3} = -0{,}85, 10^{-6}$).

On a pris $-13{,}5.10^{-6}$ pour la susceptibilité du groupe d'atomes $-C\equiv N$ dans les nitriles (6).

Le tableau suivant réunit, pour chaque composé monomère, la susceptibi-

(*) Séance du 18 juillet 1955.

(1) Lalande, *Thèse*, Bordeaux, 1955.

(2) Bhatnagar, Kapur et Kaur, *Proc. Ind. Acad. Sc.*, 10 A, 1939, p. 468.

(3) Farquharson et Sastri, *Can. Sc.*, 9, 1940, p. 135.

(4) Pacault, Vankerckhoven, Hoarau et Joussot-Dubien, *J. Chim. Phys.*, 49, 1952, p. 470.

(5) Pascal, Pacault et Hoarau, *Comptes rendus*, 233, 1953, p. 1078.

(6) Sauret et Lalande, *Comptes rendus*, 236, 1953, p. 2066.

lité moléculaire moyenne mesurée $\bar{\chi}_M$ (col. 2), la susceptibilité calculée χ_{cal} correspondant à la formule I dont les liaisons doubles sont supposées localisées (col. 3) et l'incrément $\Lambda = \bar{\chi}_M - \chi_{cal}$, (col. 4) qui met en évidence l'exaltation du diamagnétisme due à la conjugaison des électrons π.

Comme on pouvait s'y attendre, on observe que les incréments Λ_1 ainsi déterminés s'écartent peu de $-45,3 . 10^{-6}$, valeur égale à trois fois l'incrément Λ de la molécule de benzène, ce qui correspond approximativement à l'incrément Λ de l'anthracène.

On passe de la susceptibilité calculée du monomère à la susceptibilité calculée du dimère (II) (en supposant toujours que les liaisons doubles sont localisées) par la formule

$$\chi_{calc\ (dimère)} = 2\chi_{calc\ (monomère)} - 2\lambda_{C=C}.$$

	Monomères.			Photopolymères (dimères).		
	$-\bar{\chi}_M 10^{6}$.	$-\chi_{cal}.10^6$.	$-\Lambda_1.10^6$.	$-\bar{\chi}_M.10^6$.	$-\chi_{cal}.10^6$.	$-\Lambda_2.10^6$.
1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.
Anthracène	131,5	85,1	46,4	237,0 / 237,8 (²)	181,2	55,8
Méthyl-9 anthracène	146,5	97,35	49,15	261,0	205,7	55,3
Éthyl-9 anthracène	153,0	108,75	44,25	283,6	228,5	55,1
Propyl-9 anthracène	164,0	120,15	43,85	308,0	251,3	56,7
Butyl-9 anthracène	176,0	131,55	44,45	328,6	274,1	54,5
Cyano-9 anthracène	142,1	96,6	45,5	251,2	204,2	47,0
Méthyl-9 méthoxy-10 anthracène	158,1	114,9	43,2	290,4	240,8	49,6

Les résultats des mesures et du calcul, relatifs aux photopolymères, sont rassemblés dans les colonnes (5) et (6). Les incréments Λ_2 ainsi déterminés (col. 7) oscillent, aux erreurs d'expérience près, autour d'une valeur moyenne égale à $-53,5 . 10^{-6}$.

On devrait obtenir $-60,4 . 10^{-6}$ (valeur égale à quatre fois l'incrément Λ du benzène). Cette différence correspond en réalité à une erreur sur le calcul de la susceptibilité totale (χ calc $+ 4\Lambda_{C_6H_6}$) de l'ordre de 2,5 %, ce qui est l'ordre de grandeur de la validité de la systématique pour les composés organiques d'une telle complexité. Cette dépréciation, cependant systématique, peut d'ailleurs s'expliquer par l'existence probable de contraintes structurales.

Ces résultats sont donc en accord avec les études précédentes sur le dimère de l'anthracène et montrent que les données magnétiques sont compatibles avec les formules proposées pour la série des photopolymères des dérivés anthracéniques mésosubstitués.

MÉTALLOGRAPHIE. — *Rôle des joints de grains et de la transformation allotropique $\alpha \rightarrow \gamma$ du fer dans l'élimination des pores au cours du frittage du fer carbonyle.* Note (*) de MM. **Georges Cizeron** et **Paul Lacombe**, présentée par M. Georges Chaudron.

Dans une Note précédente (1), nous avons montré par mesure dilatométrique du retrait subi en condition isotherme par des comprimés de fer ex-carbonyle au cours de leur frittage que les mécanismes d'autodiffusion en volume et aux joints de grains concouraient successivement à l'élimination des pores. Cette conclusion était basée sur la valeur des énergies d'activation calculées à partir de l'équation des courbes de retrait aux différentes températures.

Si cette hypothèse de l'autodiffusion en volume et aux joints de grains est valable, elle doit comporter des conséquences qui font l'objet de cette Note.

La première de ces conséquences est la possibilité d'éliminer complètement les pores au cours d'un seul et même traitement isotherme de frittage à condition que celui-ci soit assez prolongé et *s'accompagne d'un grossissement continu et progressif des grains.* Ainsi, nous avons pu obtenir un fritté où les pores ont presque totalement disparu en chauffant sous hydrogène sec un comprimé de poudre carbonyle à 3 t/cm^2 pendant 785 h. à 895°.

Ce résultat est important parce qu'il confirme l'interprétation mathématique des courbes dilatométriques de retrait dans le domaine α qui admettaient une asymptote horizontale correspondant à la densité du métal compact à la température de frittage considérée. Cette observation infirme par contre les observations de différents auteurs, basées sur des expériences de trop faible durée, qui concluaient à l'existence d'une densité limite du fritté caractéristique de chaque température de frittage, densité différant de celle du métal compact. Il faut préciser en outre qu'un traitement de même durée à une température supérieure au point A_3 (1 000°) ne permet pas d'obtenir un métal compact en raison de la valeur beaucoup plus faible du coefficient d'autodiffusion en volume du fer γ.

La seconde conséquence est le rôle joué par la transformation allotropique $\alpha \rightarrow \gamma$ du fer. Si l'on interrompt un frittage isotherme effectué à une température T_1 inférieure à A_3 en élevant la température au-dessus de A_3 on constate un arrêt brutal du retrait conformément à nos premières expériences. Si après un maintien plus ou moins long dans le domaine γ, l'on refroidit brutalement le fritté jusqu'à T_1, on devrait s'attendre à ce que le retrait se poursuive à nou-

(*) Séance du 18 juillet 1955.

(1) G. Cizeron et P. Lacombe, *Comptes rendus*, 240, 1955, p. 427.

veau puisqu'on se retrouve dans le domaine α. En réalité, on observe une diminution considérable, de la vitesse de retrait d'autant plus grande que le chauffage au-dessus de A_3 a été plus long (*fig.* 1).

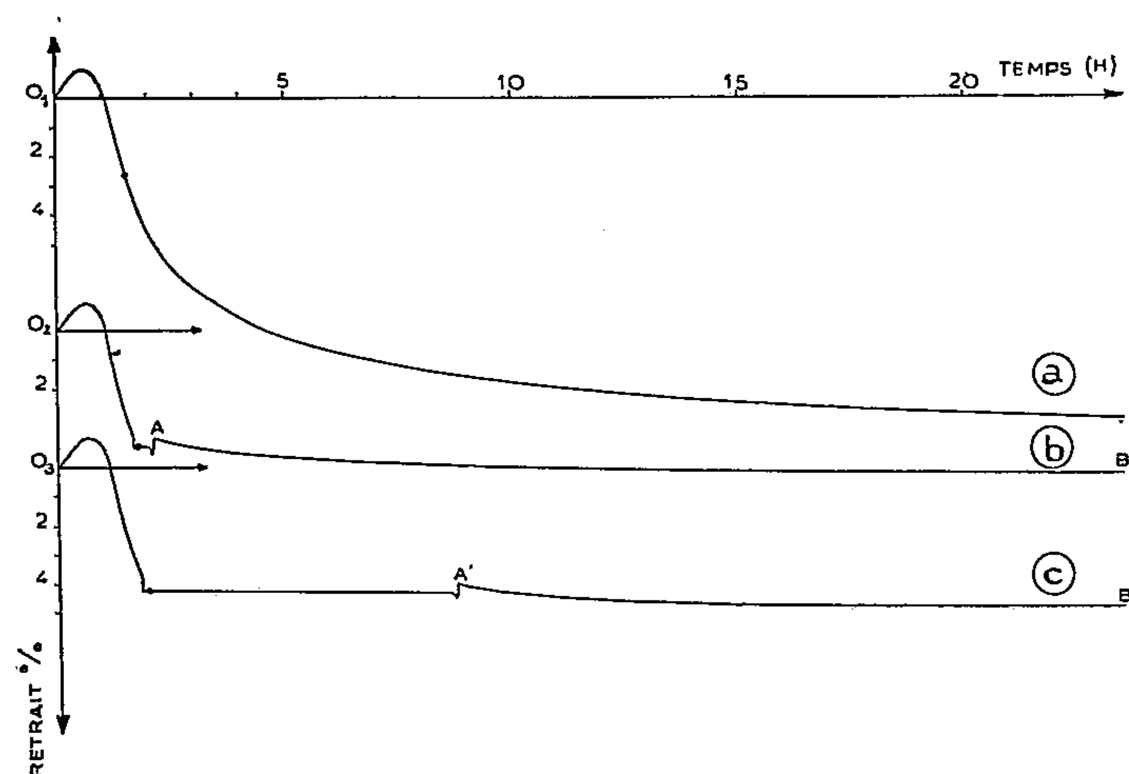


Fig. 1. — *a* : Courbe de retrait isotherme à 895° en phase α; *b* : Courbe de retrait avec chauffage intermédiaire de 40 mn à 920° et chauffage ultérieur dans α à 895° (partie AB de la courbe); *c* : Courbe de retrait avec chauffage intermédiaire de 7 h à 920° et chauffage ultérieur dans α à 895° (partie A′B′ de la courbe). Les discontinuités verticales des courbes correspondent respectivement au retrait ou à la dilatation isotherme accompagnant le passage $\alpha \rightarrow \gamma$ ou $\gamma \rightarrow \alpha$. Les repères (points noirs) sur les courbes représentent les origines des traitements en condition isotherme, soit en α, soit en γ.

L'arrêt du frittage à la suite d'un chauffage intermédiaire en γ est lié à une augmentation brutale de la taille des cristaux au cours du passage de α en γ suivi d'un grossissement continu en γ beaucoup plus progressif.

Ainsi, si la taille moyenne des particules de la poudre initiale est de 8 μ, certains cristaux peuvent atteindre plusieurs millimètres carrés de surface après passage de α en γ et maintien de 48 heures en γ. La dimension des grains γ a été décelée grâce à l'attaque thermique en atmosphère d'hydrogène ([2]). Au refroidissement, ces grains se morcellent en raison de la transformation $\gamma \rightarrow \alpha$ pour donner des cristaux de taille moindre, mais de *dimension bien supérieure à celle des grains obtenus par un chauffage de même durée effectué constamment en dessous de* A_3.

La comparaison des deux expériences suggère la conclusion que les joints de grains jouent un rôle prépondérant dans l'élimination des derniers pores. Dans le cas du frittage prolongé effectué toujours dans α, le grossissement continu et progressif des cristaux permet à un grand nombre de joints de rencontrer à faible vitesse un nombre important de pores qui s'éliminent par diffusion dans les joints. Au contraire, dans le cas d'un passage intermédiaire en γ, le grossissement discontinu et exagéré du grain dû à la transfor-

([2]) D. G. Cole, P. Feltham et E. Gillam, *Proc. Phys. Soc.*, 67 B, 1954, p. 131.

mation $\alpha \rightarrow \gamma$ fait qu'une proportion très importante des pores se trouve répartie au hasard dans le volume des cristaux, perdant ainsi toute chance ultérieure d'être éliminée par un joint de grain en voie de migration.

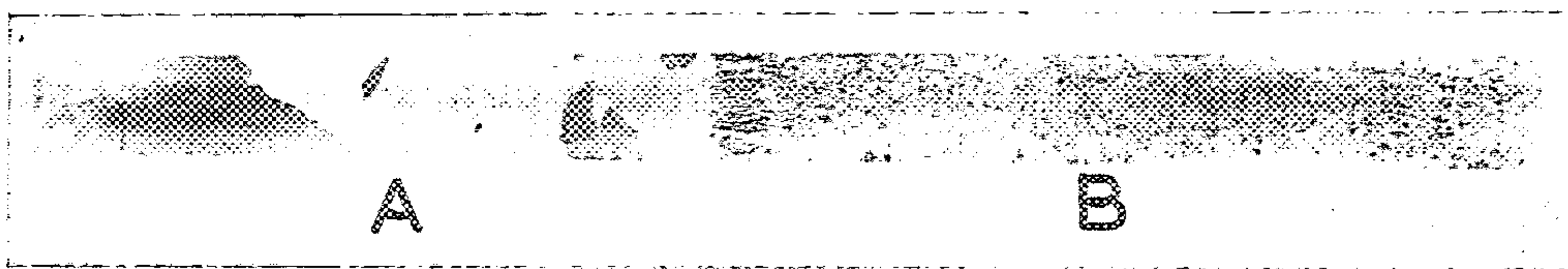
MÉTALLOGRAPHIE. — *Contribution à l'étude d'une propriété de l'état polygonisé du fer*. Note de M. **Jean Montuelle**, transmise par M. Georges Chaudron.

La stabilité de l'état polygonisé du fer, même après de faibles écrouissages, est mise en évidence par l'impossibilité de préparer par la méthode de l'écrouissage critique des gros cristaux à partir d'une éprouvette de fer polycristalline et présentant le phénomène de polygonisation d'une façon généralisée.

Dans une Note récente [1], nous avons exposé le principe d'une méthode simple permettant d'obtenir des éprouvettes polycristallines et entièrement polygonisées de fers de différentes puretés. Cette méthode fait intervenir la translation, le long d'une éprouvette, du front de transformation $\alpha \rightarrow \gamma$. Nous nous sommes proposé d'étudier la recristallisation de telles éprouvettes soumises à de faibles écrouissages.

On sait qu'une éprouvette à petits grains polygonisés ne présente pas de grossissement de grains si on lui fait subir un recuit prolongé. Si tous les cristaux ne présentent pas de sous-structure, il y aura grossissement de grains par recristallisation secondaire, tandis que les cristaux polygonisés subsisteront sous forme de petits cristaux insulaires.

Nous constatons donc que l'état polygonisé, caractérisé par le réarrangement des dislocations en parois, est un état particulièrement stable. Même l'énergie fournie par l'écrouissage critique est insuffisante pour provoquer le grossissement du grain lors d'un recuit ultérieur à une température légèrement inférieure à celle du point de transformation A_3, comme le montre l'expérience suivante (*figure*).



On part d'une éprouvette de fer de pureté technique fortement écrouie par laminage; elle subit un recuit de purification et d'homogénéisation de 15 h à 950° C dans un four ne présentant pas de gradient de température. La moitié B de l'éprouvette subit alors le traitement de polygonisation

(1) J. Montuelle, *Comptes rendus*, 241, 1955, p. 204.

par translation du front de transformation $\alpha \rightarrow \gamma$ à 60 mm/h. L'éprouvette est écrouie de 3 % par traction et finalement recuite 70 h à 880° C. Tous les traitements thermiques sont effectués dans un courant d'hydrogène pur et sec.

La macrographie montre que la partie A de l'éprouvette a donné de gros cristaux non polygonisés de plusieurs centimètres carrés; la partie B de l'éprouvette est restée polycristalline; de plus, les cristaux de cette partie de l'éprouvette ne se sont pas développés et la micrographie révèle pour chaque grain l'existence de nombreux sous-joints de polygonisation. Nous n'avons jamais pu préparer de gros cristaux de fer par la méthode de l'écrouissage critique en appliquant cet écrouissage à une matrice polygonisée. Un écrouissage plus important donnerait naissance à un trop grand nombre de germes.

Dans le cas du fer très pur préparé au laboratoire de Vitry, on avait déjà signalé l'inhibition de la recristallisation sous forme de gros cristaux par le phénomène de polygonisation ([2]). Dans nos expériences, la stabilité de l'état polygonisé du fer apparaît avec un fait nouveau, puisqu'il est nécessaire de fournir à ce métal un supplément d'écrouissage notable pour provoquer sa recristallisation.

MÉTALLOGRAPHIE. — *Au sujet de la mise en évidence de la polygonisation de l'aluminium par la méthode des rayons* X *et par la micrographie.* Note de M. **Christian de Beaulieu**, transmise par M. Georges Chaudron.

Un article récent de MM. H. Lambot, Z. Vassamillet et J. Dejace sur la polygonisation de l'aluminium ([1]) nous incite à rappeler quelques résultats obtenus au cours de nos recherches.

Ces auteurs montrent l'existence d'une striation très fine de toutes les taches de Laue à grande distance obtenues par une méthode de focalisation en rayonnement monochromatique. Dans nos expériences, et en utilisant une méthode de focalisation à grande distance en rayonnement polychromatique (méthode de Guinier-Tennevin), nous avons constaté seulement une subdivision en une série de petites taches, à la suite de recuits à haute température; d'autre part, nous avons pu relier les aspects observés par micrographie et l'interprétation des taches de diffraction obtenues sur les mêmes cristaux ([2]). Il semble donc que les striations fines et périodiques observées par M. Lambot dans toutes les taches

([2]) J. Talbot, C. de Beaulieu et G. Chaudron, *Comptes rendus*, 236, 1953, p. 818.

([1]) *Acta Met.*, 1955, p. 157.

([2]) C. de Beaulieu, *Comptes rendus*, 240, 1955, p. 522.

obtenues et la subdivision en taches plus petites ne correspondent pas au même phénomène.

Nous avons également montré la nécessité de travailler avec un métal aussi bien défini que possible au point de vue de sa pureté et de son état de recristallisation. En effet, nous avons obtenu la subdivision des taches de rayons X après quelques heures à 630° C pour un aluminium 99,999 %, au lieu des quelques jours nécessaires avec un aluminium technique 99,5 % (3).

Nous avons souligné l'importance des tensions internes pour favoriser le réarrangement des dislocations en parois; la trempe, donnant une faible déformation plastique et créant des tensions internes élevées est une méthode de choix pour obtenir la polygonisation de grands cristaux. Des expériences récentes effectuées au laboratoire de Vitry soulignent encore ce point de vue (4). On a montré que le simple fait de passer à faible vitesse un monocristal dans un four à 630° C provoque la polygonisation du cristal. L'influence, sur ce phénomène, de très faibles teneurs en certains métaux est actuellement à l'étude au laboratoire.

Nous avons aussi montré que la subdivision des taches de Laue ne se produisait qu'à la suite d'un recuit à une température relativement élevée. Un monocristal d'aluminium 99,999 % n'évolue pas après trempe pour des recuits prolongés à 400 ou 500°. On observe les phénomènes de polygonisation uniquement vers 630°.

Tous nos résultats nous ont permis de considérer l'état polygonisé comme un état très stable, postérieur à la recristallisation. L'apport d'énergie produit par le chauffage à température élevée permet la diffusion des dislocations et leur réarrangement à l'intérieur d'un cristal encore imparfait.

CHIMIE THÉORIQUE. — *Théorie du mécanisme des réactions : sur l'estimation des barrières de potentiel.* Note (*) de MM. **Odilon Chalvet** et **Raymond Daudel**, présentée par M. Louis de Broglie.

Dans le cas des hydrocarbures alternants, le classement théorique des hauteurs de barrière de potentiel de plusieurs substitutions ou additions de même type n'est pas modifié quand on introduit l'hyperconjugaison pour calculer l'énergie du complexe intermédiaire.

Différents procédés (1) ont été proposés pour calculer la contribution $\Delta E_{\pi}^{\neq}$ du

(3) C. de Beaulieu, J. Talbot et G. Chaudron, *Comptes rendus*, 239, 1954, p. 270.

(4) J. Montuelle et G. Chaudron, *Comptes rendus*, 240, 1955, p. 1167.

(*) Séance du 18 juillet 1955.

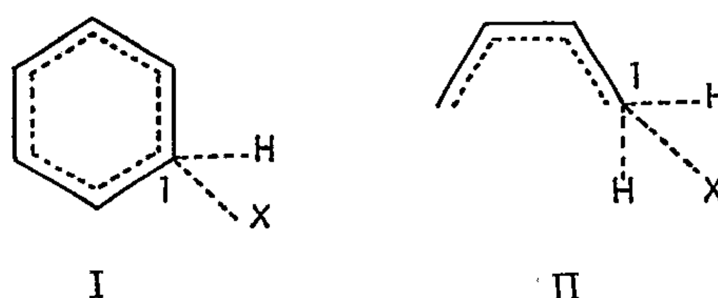
(1) Wheland, *J. Amer. Chem. Soc.*, 64, 1942, p. 900; Sixma, *Recueil des Travaux Chimiques des Pays-Bas*, 72, 1953, p. 273.

système π d'une molécule à la hauteur de la barrière de potentiel d'une réaction se produisant sur celle-ci.

Dans tous ces procédés, on admet que les atomes attaqués au cours de la réaction sortent du système π. Muller, Pickett et Mulliken [2] ont montré comment on pouvait, au contraire, introduire ces atomes et même une partie du réactif dans le système π du complexe intermédiaire, au moyen d'une technique qui s'apparente à celle de l'hyperconjugaison.

Nous utilisons ici ce procédé pour évaluer $\Delta E_{\pi}^{\neq}$. Nous envisageons d'abord les réactions de substitution mettant en jeu l'action d'un réactif X sur un hydrocarbure alternant.

$\Delta E_{\pi}^{\neq}$ est alors la différence entre l'énergie du système π d'un complexe tel que I ou II et de celle du système π de l'hydrocarbure initial.



Dans le cas I où l'attaque a lieu sur un groupe CH nous adoptons les paramètres proposés par Muller et Collaborateurs [2], soit

$$\alpha_{C_1} = \alpha; \qquad \beta_{C=XH} = 2\beta; \qquad \alpha_{XH} = \alpha - 0{,}5\,\beta.$$

Dans le cas II où l'attaque a lieu sur un groupe CH_2 nous adoptons les paramètres

$$\alpha_{C_1} = \alpha; \qquad \beta_{C=XH} = 2{,}5\,\beta; \qquad \alpha_{XH} = \alpha - 0{,}5\,\beta.$$

Ils correspondent au cas où X = H. Le groupe XH introduit 0, 1, 2 électrons π selon que X est un ion positif, un radical libre ou un ion négatif.

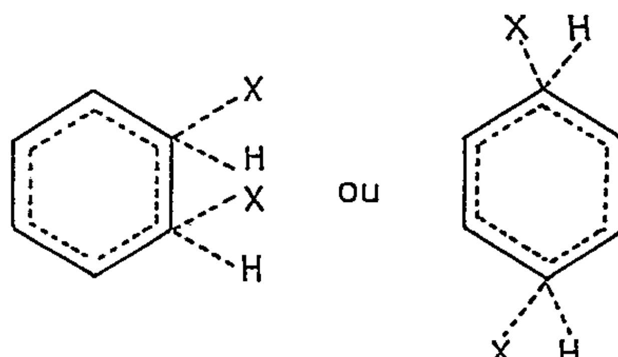
La figure 1 montre la relation entre $\Delta E_{\pi}^{\neq}$ calculé en unités β selon ce procédé en fonction de $\Delta E_{\pi}^{\neq}$ calculé selon le procédé de Wheland dans le cas d'une substitution électrophile dans la série des acènes (courbe *a*, complexe de type I) ou dans la série des polyènes (courbe *b*, complexe de type II). *On voit que dans chaque série l'ordre des* $\Delta E_{\pi}^{\neq}$ *ne dépend pas du procédé de calcul.*

Les valeurs figurant sur ces courbes ont été obtenues en négligeant les intégrales de recouvrement, mais on a vérifié que leur introduction ne modifie pas nos conclusions.

Nous avons étendu cette étude au cas des réactions d'addition à un temps

(2) *J. Amer. Chem. Soc.*, 76, 1954, p. 4770.

mettant en jeu l'action d'un réactif neutre X_2 et demandant, par conséquent, la considération d'un complexe tel que :



contenant $n+2$ électrons, si n est le nombre des carbones. Dans ce cas encore, les conclusions précédentes restent valables.

Dans le cas des paramètres choisis et pour les hydrocarbures alternants, l'effet de l'hyperconjugaison ne modifie donc pas les résultats de la méthode de Wheland. Il est probable que de petites variations de paramètres ne modifieraient pas ces résultats. On pourrait donc, *a priori*, penser qu'on peut définitivement négliger cet effet. Mais, en fait, il est possible que celui-ci soit important dans le cas des molécules hétéroatomiques ou substituées et dans celui des hydrocarbures non alternants. Il est également probable qu'il permettra d'étudier l'effet de la nature du réactif sur $\Delta E_\pi^{\neq}$, ce que ne permettait pas le procédé de Wheland. Nous étudions actuellement ces questions.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur une nouvelle méthode d'étude des arséniates métalliques. Application aux arséniates de nickel.* Note (*) de M. **Henri Guérin** et Mlle **Jeannine Masson**, présentée par M. Georges Chaudron.

On montre comment on peut mettre à profit la pyrolyse fractionnée des arséniates pour explorer certains systèmes As_2O_5—OX—OH_2 non encore étudiés. C'est ainsi que dans le cas des arséniates de nickel, nous avons pu identifier les sels : $2As_2O_5.ONi.5OH_2$, $2As_2O_5.ONi$, $As_2O_5.ONi.3OH_2$, $As_2O_5.ONi$, $As_2O_5.2ONi.5OH_2$, $As_2O_5.2ONi$, $As_2O_5.3ONi.8OH_2$, $As_2O_5.3ONi$.

Lors d'une étude sur les arséniates alcalino-terreux, l'un de nous [1] avait constaté que par des pyrolyses dans le vide, opérées à des températures convenables, on pouvait passer des métaarséniates alcalino-terreux aux orthoarséniates tribasiques.

L'examen de nombreux arséniates nous a permis de démontrer le caractère général de cette décomposition et d'en déduire les règles essentielles [2].

(*) Séance du 18 juillet 1955.

[1] H. Guérin, *Comptes rendus*, **201**, 1935, p. 1133; **202**, 1936, p. 223; *Bull. Soc. Chim.*, 4, (3), 1937, p. 1472.

[2] H. Guérin et coll., *Bull. Soc. Chim.*, 1953, p. 440-445.

Mis à part le cas particulier des arséniates de mercure [3], on peut considérer jusqu'ici qu'un arséniate $As_2O_3.nOX$ où X représente un métal, est d'autant plus stable à la chaleur qu'il est caractérisé par un rapport moléculaire OX/As_2O_5 plus élevé. Si l'on part du sel correspondant au rapport OX/As_2O_5 minimum ($2As_2O_5.OX$ par exemple), des températures judicieusement choisies conduiront à des sels de plus en plus basiques : métaarséniate, pyroarséniate, biarséniate pentabasique, orthoarséniate tribasique, arséniate tétrabasique et finalement à l'oxyde du métal considéré ou même à ce métal.

Une application intéressante de ces pyrolyses fractionnées consiste à les utiliser pour explorer les systèmes As_2O_5—OX—OH_2 encore peu étudiés. Lorsqu'on veut connaître tous les arséniates d'un métal susceptibles d'exister, la seule méthode sûre et rationnelle consiste à établir le diagramme d'équilibre As_2O_5—OX—OH_2, à diverses températures : c'est ce que nous avons déjà fait pour les arséniates alcalino-terreux [4], pour ceux de cuivre [5] et de mercure [3]. Une telle étude qui exige un très grand nombre de déterminations analytiques et peut être rendue très délicate par les faux équilibres qui se produisent fréquemment, est toutefois facilitée lorsqu'on connaît certains sels susceptibles d'être caractérisés : or les données concernant certains arséniates encore à étudier sont parfois très sommaires et nous avons pensé que la pyrolyse fractionnée pouvait fournir, dans ce cas, d'utiles indications.

En effet, si l'on tente de préparer l'arséniate le plus acide, on obtiendra par déshydratation l'arséniate $As_2O_5.nOX$ caractérisé par le rapport OX/As_2O_5 minimum et une série de pyrolyses permettra d'identifier la plupart des arséniates $As_2O_5.nOX$ susceptibles d'exister. Si, comme l'ont montré certains essais opérés sur divers arséniates, il est possible, par action de la vapeur d'eau ou de l'eau, à la température ordinaire, sur les sels anhydres $As_2O_5.nOX$ de passer aux sels hydratés $As_2O_5.nOX.mOH_2$, on peut espérer obtenir les principaux sels devant être rencontrés au cours de l'étude du système As_2O_5—OX—OH_2.

Nous avons pensé appliquer ce mode d'investigation aux arséniates de nickel sur lesquels les données bibliographiques étaient très restreintes.

Nous avons donc cherché à préparer l'arséniate de nickel le plus acide possible par agitation prolongée à 60° de la suspension résultant de l'action de l'acide arsénique concentré (71 %) sur de l'hydroxyde de nickel ou du carbonate basique de nickel.

---

(3) H. Guérin et R. Boulitrop, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 447.

(4) H. Guérin, *Bull. Soc. Chim.*, (5), 1938, p. 1472; *Ann. Chim.*, (11), 16, 1941, p. 101-151; H. Guérin et S. Michel, *Comptes rendus*, 214, 1942, p. 1005.

(5) H. Guérin et R. Mas, *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 1615.

Divers essais nous ont conduits à identifier ainsi par la méthode des restes un sel jaune, en petits cristaux tabulaires répondant à la formule : $2\,As_2O_5.ONi.5\,OH_2$. Ce sel, qui ne semble exister qu'au contact de solutions d'acide arsénique titrant entre 71 et 68 % de As_2O_5, n'avait pas été signalé jusqu'ici. Chauffé à 400° dans le vide, il fournit un sel nouveau $2\,As_2O_5.ONi$, microcristallin, de couleur jaune sale. Ce composé, porté à 550° dans le vide, se transforme en *métaarséniate de nickel* : $As_2O_5.ONi$, sel microcristallin, jaune clair, qui, mis au contact de la vapeur d'eau, conduit à *l'orthoarséniate mononickeleux* : $As_2O_5.ONi.3\,OH_2$ $[(AsO_4H_2)_2\,Ni.OH_2]$ sel vert, cristallisé en aiguilles, qui, ainsi que le métaarséniate, n'était pas connu jusqu'ici.

Le métaarséniate de nickel porté à 650° dans le vide se transforme en *pyroarséniate de nickel* $As_2O_5.2ONi$, composé ocre microcristallin, ayant un spectre de rayons X très net.

Mis au contact d'eau, ce sel s'hydrate en *orthoarséniate binickeleux* : $As_2O_5.2\,ONi.5\,OH_2$ $[AsO_4HNi.2\,OH_2]$, jaune vert, cristallin et hydrolysable.

Le pyroarséniate de nickel est décomposable dès 750° dans le vide, avec formation *d'orthoarséniate trinickeleux*; $As_2O_5.3\,ONi$, $[(AsO_4)_2Ni_3]$ jaune vert, insensible à l'action de l'eau, même à 100°.

L'hydrate $As_2O_5.3\,ONi.8\,OH_2$ qui existerait dans la nature, n'a pu être obtenu que par hydrolyse de l'orthoarséniate bibasique. C'est un sel vert cristallisé qui est pratiquement déshydraté vers 250°; il en résulte un composé de couleur ocreuse qui se transforme à 600° en un corps jaune vert apparaissant beaucoup mieux cristallisé aux rayons X.

Cet orthoarséniate tribasique anhydre, porté au-dessus de 850° se décompose en oxyde de nickel vert clair, sans que l'on puisse mettre en évidence de composés intermédiaires.

En résumé, la méthode de pyrolyse fractionnée appliquée à l'arséniate acide de nickel $2\,As_2O_5.ONi.5\,OH_2$ préparé pour la première fois, nous a permis de caractériser divers arséniates de nickel : $2\,As_2O_5.ONi$, $As_2O_5.ONi$, $As_2O_5.2\,ONi$, $As_2O_5.3\,ONi$, et indirectement $As_2O_5.ONi.3\,OH_2$ $As_2O_5.2\,ONi.5\,OH_2$, $As_2O_5.3\,ONi.8\,OH_2$, qui, mis à part ce dernier, étaient inconnus jusqu'ici; cette étude montre comment on peut mettre à profit la pyrolyse fractionnée pour explorer les systèmes du type $As_2O_5—OX—OH_2$.

Les résultats déjà obtenus par pyrolyse de quelques phosphates permettent de considérer que la même méthode peut être appliquée pour l'étude de certains systèmes $P_2O_5—OX—OH_2$.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur les propriétés chimiques de l'hexafluorure de sélénium.* Note (*) de M. **Christian Dagron**, présentée par M. Paul Lebeau.

L'hexafluorure de sélénium agit sur les éléments à diverses températures en les transformant en fluorures et séléniures qui ont été caractérisés, puis identifiés spectrographiquement. L'apparition de sélénium libre résulte dans certains cas de la décomposition du séléniure au contact d'un excès de F_6Se. Avec AsH_3, cet excès conduit à la formation du tétrafluorure F_4Se.

L'hexafluorure de sélénium a été préparé par action directe du fluor sur le sélénium, recueilli sur l'eau, desséché et rectifié. Il est sublimable à — 110° sous une pression de 3 mm de mercure, et sa pureté a été contrôlée par l'analyse.

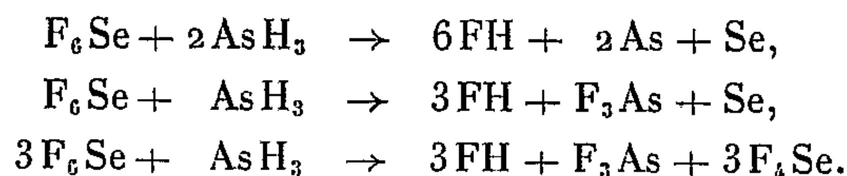
Il est peu soluble dans l'eau, qui en dissout 2 cm³ ± 0,05 par litre à la température de 16°.

Chauffé avec de l'hydrogène, il ne réagit pas au-dessous de 700° et l'on n'observe pas de modification de la composition du mélange gazeux. Mais, sous l'action répétée des étincelles électriques, il se produit une décomposition progressive, aboutissant finalement à la formation de gaz fluorhydrique et de sélénium.

Avec l'hydrogène sulfuré, on obtient au contact de l'étincelle électrique une réaction instantanée qui fournit, quelles que soient les proportions relatives des corps réagissants, du gaz fluorhydrique et du soufre mélangé ou combiné à du sélénium.

Dès la température ordinaire, l'hydrogène sélénié laisse apparaître un dépôt de sélénium, et la décomposition est complète en quelques jours, même à l'obscurité.

L'hydrogène arsénié, selon les quantités utilisées, libère, à côté du gaz fluorhydrique, de l'arsenic, du sélénium, F_3As et même F_4Se dont l'existence et la facile altérabilité au contact de l'eau ont déjà été mises en évidence par P. Lebeau ([1]). On réalise ainsi facilement les transformations suivantes avec divers mélanges que l'on dilue dans de l'azote, de façon à modérer l'intensité des réactions et éviter des explosions :



$$F_6Se + 2AsH_3 \rightarrow 6FH + 2As + Se,$$
$$F_6Se + AsH_3 \rightarrow 3FH + F_3As + Se,$$
$$3F_6Se + AsH_3 \rightarrow 3FH + F_3As + 3F_4Se.$$

La formation de F_4Se, qui a lieu également au contact du fluor et du

(*) Séance du 18 juillet 1955.

(1) *Comptes rendus*, 145, 1907, p. 190.

sélénium à basse température, montre que ce fluorure peut intervenir dans certaines actions de F_6Se.

L'arsenic est attaqué vers 180°, l'antimoine à 100° et le silicium vers 250°.

Avec les métaux alcalins, on observe une altération superficielle, surtout après fusion, puis une combustion : pour le potassium vers 60°, pour le lithium et le sodium au-dessus de 500°.

L'étain, le mercure, le plomb et le bismuth se recouvrent, dès la température ordinaire, d'une mince couche d'un mélange de fluorure et de séléniure des métaux correspondants. Sous forme de limailles très fines, une réaction vive apparaît à 220° avec l'étain, à 150° avec le plomb et le bismuth. En effet, dans le cas de l'étain, cette température de 220° est aussi celle de l'attaque du séléniure stanneux par l'hexafluorure. Au-dessous, ce gaz donne seulement naissance à du fluorure et du séléniure stanneux; à température plus élevée, tout le sélénium est libéré à l'état élémentaire, si toutefois F_6Se est employé en excès, et dans un milieu suffisamment homogène. Dans le cas du plomb et dès la température ordinaire, tout le sélénium se combine au métal sous forme de séléniure, alors que dans ces conditions ce dernier seul est déjà décomposable sous l'action de F_6Se. Mais, ce séléniure qui prend naissance au-dessous de 150° n'est pas transformé, car il est protégé par le fluorure qui apparaît en même temps, tandis qu'au-dessus de cette température, comme pour l'étain et avec les mêmes restrictions, la totalité du sélénium est libérée à l'état élémentaire.

Le magnésium s'altère très peu au-dessous de 700°.

En masse, le fer s'attaque superficiellement vers 600°; mais, très divisé, sous forme de fer réduit, une combustion apparaît dès 100°.

Le chrôme réagit vers 300°, le zinc vers 400°, le cuivre à 180°, l'argent vers 270°. L'or reste inaltéré au-dessous de 700°. L'uranium brûle vivement à 180°.

L'identification des produits obtenus a été réalisée par voie chimique et aussi par les spectres de rayons X.

Le fluorure d'uranium F_4U fournit ainsi un spectre identique à celui correspondant à la structure triclinique déjà décrite pour ce corps.

La maille du séléniure de plomb SePb est un cube à faces centrées, dont la mesure de l'arête nous a donné 6,110 Å $\pm$ 0,006 tandis que la valeur fournie par Olshausen (2), Ramsdell (3) et Goldschmidt (4) en 1925 et 1926 est de 6,14 Å.

Le séléniure de mercure SeHg est encore un cube à faces centrées, dont

(2) *Z. Krist.*, **61**, 1925, p. 463.
(3) *Ann. Min.*, **10**, 1925, p. 281.
(4) *Naturwissenschaften*, **14**, 1926, p. 477.

la longueur de l'arête de 6,068±0,04 Å correspond à la valeur déjà donnée par Zachariasen en 1926 ([5]).

GÉOLOGIE. — *Sur le contact Crétacé moyen-Crétacé supérieur au Sud du Massif de l'Ouarsenis occidental (Algérie)*. Note (*) de M. **Jean Polvêche**, transmise par M. Pierre Pruvost.

Une meilleure connaissance des structures permet de mettre en évidence un important contact anormal entre l'Albo-cénomanien du Tell occidental et le Crétacé supérieur sud-tellien.

On sait que le massif de l'Ouarsenis est constitué en majeure partie par une énorme masse de sédiments crétacés à structure relativement complexe ([1]). J. Repelin ([2]), puis M. Dalloni ([3]), ([4]), ont été les premiers à définir la stratigraphie du Crétacé de cette région et à en esquisser les grandes lignes tectoniques.

La partie Sud du massif de l'Ouarsenis est ici composée exclusivement par un complexe albo-cénomanien très épais, limité vers le Sud par les marno-calcaires sénoniens de la bordure sud-tellienne. C'est le contact entre ces deux zones bien distinctes qui est précisé ci-dessous.

On peut distinguer dans cette partie du massif de l'Ouarsenis, deux ensembles bien homogènes. Le premier, à l'Ouest, est composé exclusivement par des schistes et grès albiens. Il forme une bande Nord-Sud qui occupe la bordure Est de la feuille d'Aïn Dalia. Cet important massif albien, dont la puissance doit dépasser 500 m, affleure ici sur plus de 100 km². Le second, à l'Est du précédent, est constitué en majeure partie par les calcaires et marnes du Cénomanien. On y rencontre aussi, dans les axes anticlinaux, un peu de flysch albien. Dans cet ensemble, les calcaires cénomaniens reposent, soit en concordance ($x = 382{,}5$, $y = 268{,}5$), soit par contact anormal ($x = 389$, $y = 271{,}4$) sur les schistes et grès albiens. Ce massif calcaire occupe la majeure partie de la moitié Est de la feuille d'Aïn Dalia. Une lame de Trias sépare nettement les deux massifs près du marché du Melâb.

Ces deux masses homogènes montrent une tectonique assez complexe

---

([5]) Zachariasen, *Z. physik. Chem.*, 124, 1926, p. 436.

(*) Séance du 18 juillet 1955.

([1]) Cette Note n'envisage que la bordure Sud de ce massif, correspondant à la feuille d'Aïn Dalia et à la partie Est de celle de Guillaumet.

([2]) *Ann. Fac. Sciences Marseille* (*Thèse*, 1895).

([3]) *Bull. Serv. Carte Géol. Algérie*, 2e série, n° 13, 1936.

([4]) *XIXe Congrès géol. intern. Alger*, Monogr. rég., 1re série, Algérie, n° 24, 1952.

dans le détail mais relativement simple dans l'ensemble, surtout si on la compare à celle qui affecte les terrains situés plus au Sud. C'est pour cette raison que j'avais considéré ([5]) que l'Albo-cénomanien représentait l'autochtone.

Les marnes du Crétacé supérieur limitent au Sud les affleurements de ces massifs albien et cénomanien. Si l'on étudie attentivement le contact Crétacé moyen-Crétacé supérieur, on n'observe *jamais* la transgression du Crétacé supérieur *sur* le Crétacé moyen. Par contre, quand le contact est bien visible, on constate *toujours* que le flysch albien ou les calcaires cénomaniens reposent *sur* les marnes sénoniennes. Une lame de roches triasiques se rencontre très souvent à ce niveau; elle constitue un excellent repère ($x = 392$, $y = 267{,}4$). La surface de ce contact anormal peut être voisine de l'horizontale; elle peut s'incliner plus ou moins et parfois même devenir presque verticale. Le contact anormal traverse d'Est en Ouest, presque entièrement, la feuille d'Aïn Dalia; on peut ainsi le suivre sur plusieurs dizaines de kilomètres. Comme c'est dans cette région que l'Albo-cénomanien, constituant les hauts sommets du Tell, apparaît le plus au Sud, le contact Crétacé moyen-Crétacé supérieur, qui était orienté d'Est en Ouest dans la vallée de l'oued Bou Zigza, remonte vers le Nord et prend la direction Nord-Sud, à l'Est du massif cénomanien, le long de la route Vialar-Molière et, à l'Ouest, au pied des Djebels Korn et Mankoura. Si la structure de la bordure Ouest est relativement facile à définir (l'Albien du Mankoura, à pendage Est, chevauchant une série crétacée plus récente), il n'en est pas de même à l'Est, où l'on observe, au voisinage immédiat du Cénomanien, la bande triasique habituelle, le Sénonien, l'Yprésien, l'Éocène supérieur, le Medjanien et le Miocène. Quoi qu'il en soit, un contact anormal limite à l'Est, au Sud et à l'Ouest le massif albo-cénomanien qui chevauche des terrains plus récents.

Ce contact anormal délimite deux ensembles indépendants au point de vue tectonique. On observe, en effet, des directions différentes dans le Crétacé moyen et dans le Crétacé supérieur qui affleurent côte à côte. De plus, le contact anormal recoupe les plis relativement simples affectant le Crétacé moyen. Enfin, les lames de Trias, nombreuses dans le Sénonien, n'existent pas à l'intérieur du massif albo-cénomanien qu'elles auraient dû normalement traverser.

Les contours, l'homogénéité du massif crétacé moyen, l'indépendance tectonique des ensembles Crétacé moyen-Crétacé supérieur, nous obligent à admettre un décollement généralisé du Crétacé moyen. Le massif albo-

---

([5]) CAIRE, GLANGEAUD, MATTAUER et POLVÊCHE, *Bull. Soc. Géol. France*, (6), 3, fasc. 9, 1953.

cénomanien reposant sur un coussinet de Trias aurait glissé, du Nord vers le Sud, sur une série marneuse plus récente.

Si les complications tectoniques que l'on observe en remontant vers le Nord ne sont pas encore toutes expliquées, la limite Sud du chevauchement frontal du massif albo-cénomanien n'est pas rectiligne; de nombreuses digitations s'avancent plus ou moins loin vers le Sud. Les plus importantes atteignent le parallèle 263 (carroyage Lambert), tandis que le Sénonien s'observe à l'intérieur du massif, au moins jusqu'au parallèle 271. Il faut donc admettre, si l'on considère exclusivement la bordure Sud, que le déplacement atteint au moins 8 km. Dès à présent, si l'on tient compte des levers sur les limites Est et Ouest, on peut poser l'hypothèse d'un charriage de plus de 15 km.

Cet important charriage de l'Albo-Cénomanien du Tell sur le Crétacé supérieur de la bordure sud-tellienne ne constitue pas un fait exceptionnel. On peut observer, plus à l'Ouest, sur la feuille de Guillaumet, des faits identiques. M. Mattauer ([6]) a déjà décrit des nappes à matériel crétacé inférieur et moyen dans l'Ouarsenis nord-oriental. Ce style tectonique n'est donc pas particulier au domaine sud-tellien : dans le Tell proprement dit, on retrouve, si l'on tient compte de la différence de plasticité des matériaux mis en mouvement, des accidents analogues à ceux déjà étudiés plus au Sud.

GÉOLOGIE. — *Le Jurassique du massif de Bou-Rheddou (Nord de Tiaret, Algérie).* Note (*) de MM. **William J. Arkell** et **Georges Busson**, transmise par M. Pierre Pruvost.

En cartographiant le massif de Bou-Rheddou (feuilles au 1/50 000e *Montgolfier*, *Waldeck-Rousseau*, *Tiaret*, *Prevost-Paradol*), on a trouvé, au-dessus de dolomies et quartzolites (Dogger?), des faunes de Céphalopodes allant de l'Oxfordien sup. (zones à *transversarium* et à *bimammatum* sous le faciès *ammonitico rosso*) au Tithonique. Cette série reposerait sur le microgranite du Bechtout.

Connu déjà de Pomel en 1881 ([1]), le Jurassique de Bou-Rheddou n'avait plus fait, jusqu'à ces dernières années, l'objet d'aucune étude, à tel point qu'il n'est plus indiqué sur la 3e édition du 800 000e et la 1re du 500 000e. En 1952, des géologues ([2]) redécouvraient cet affleurement : leurs contours furent utilisés sur la 2e édition du 500 000e,

---

([6]) *Comptes rendus*, 239, 1954, p. 439.

(*) Séance du 18 juillet 1955.

([1]) *Carte géologique provisoire de l'Algérie* au 1/800 000e.

([2]) *XIXe Cong. géol. int.*, monog., 1re série, no 20, p. 28, pl. III et IV; no 24, p. 26.

qui ne mentionne d'ailleurs que du Lusitanien; d'autre part, la même année, M. Dalloni (²) a signalé l'existence de cet affleurement.

La succession ci-dessous résume, de haut en bas, des coupes prises en divers points du massif.

1. Alternance de marnes grises ou jaunâtres, de calcaires oolithiques à Entroques, ou à grain fin et de dolomies formant les principaux sommets de la région. Les Céphalopodes, en mauvais état (*Virgatosphinctes ?*, *Lithoceras ?*, *Berriasella ?*, *Aulacosphinctes ?*) suggèrent un âge TITHONIQUE SUPÉRIEUR ou MOYEN. Les Brachiopodes abondent (³) : *Cheirothyris aculeata* Cat., *Terebratula* cf. *zieteni* De Lor., *T. moravica* Glock (épaisseur : 60 m).

2. Marnes (épaisseur : 15 m) tendres, grises, à très petits Perisphinctidés pyriteux et? *Cyrtosiceras* sp., surmontant des calcaires (épaisseur : 55 m) massifs, à accidents siliceux, et capricieusement dolomitisés.

3. Marnes tendres, grises ou jaune-miel à rognons de calcaires gris-violacé, contenant des Céphalopodes, d'âge probable KIMERIDGIEN MOYEN : *Aspidoceras gourguechoni* Perv., *Aulasimoceras* aff. *auberti* Perv., *Katroliceras* cf. *zitteli* Spath (= *Holcostephanus* cf. *celsus* Perv.) et des Phyllocératidés; des Échinodermes (³) : *Collyrites carinata* Desm., *Holectypus* cf. *punctulatus* Desor.; et de plus des Aptychus calcaires (³) : *Lævaptychus latus* Park., *Lamellaptychus inflexicostata* Tr. var. *cincta* Tr., *L. lamellosa* Park. var. *cincta* Tr. (épaisseur : 30 m).

4. Quelques décimètres de calcaires marneux, rognonneux, contenant localement *Perisphinctes* cf. *achilles* d'Orb. et *Cidaris glandifera* Gold. (³), font le passage à une barre de calcaires compacts, en bancs bien réglés de 0,5 à 1 m, à texture « graveleuse » ou microbréchique et débris organiques nombreux. La partie inférieure nous a livré : *Nebrodites* cf. *agrigentinus* Gem., *N.* cf. *venetianus* Perv., des *Aspidoceras*, *Phylloceras*, *Sowerbyceras*, pouvant être d'âge KIMÉRIDGIEN INFÉRIEUR (épaisseur : 90 m).

5. Marnes grises sans fossiles (épaisseur : 0 à 10 m) surmontant une série (épaisseur : 10 à 20 m) de marnes lie-de-vin, calcaires rognonneux (formés essentiellement d'Ammonites, d'*Aptychus*, de rostres et phragmocones de Bélemnites et de quelques tiges d'Encrines), calcaires gris massifs et petits bancs de grès. La faune caractérise la zone à *P. bimammatum*, ou RAURACIEN de Haug (⁴) : *Phylloceras plicatum* Neum., *Calliphylloceras benacense* Cat., *Holcophylloceras polyolcum* Ben., *Sowerbyceras protortisulcatum* Pomp., *S.* aff. ? *helios* Noetling, *Hemilytoceras polyanchomenum* de Riaz, non Gem., *H. polycyclum* Neum., *Lissoceras erato* d'Orb., *Glochiceras lingulatum* Quenst., divers *Taramelliceras*, *Ochetoceras marantianum* d'Orb., *Trimarginites* sp., *Epipeltoceras berrense* Favre, *Euaspidoceras* cf. *striatocostatum* Dorn, *E.* (*Paraspidoceras*) *helymense* Gem., *Aspidoceras* cf. *tietzei* Neum., *Physodoceras* sp., *Nebrodites regalmicensis* Gem., *N.* cf. *venetianum* Perv., non Zittel, *Sutneria præcursor* Diet., *Perisphinctes Kobelti* Neum., *P. latus* Oppen., *P. abeli* Oppen., et divers autres, *Lævaptychus thuburbensis* Perv.; et de plus (³) : *Lævaptychus lævis-latus* Meyer, *Lamellaptychus* sp.; quelques rares Échinodermes (³) : *Collyrites carinata* Desm., *Pseudodiadema oranense* Per. et Gaut., *Rhabdocidaris caprimontana* Desor.

6. Grès brun-jaunâtre, mal consolidés, en bancs massifs (épaisseur : 10 à 25 m).

7. Calcaires rognonneux (prédominants) et marnes argileuses lie-de-vin, lits de calcaires massifs. Les Céphalopodes, très nombreux, caractérisent la zone à *transversarium*

(³) *Déterminations* : MM. Devriès (Échinodermes) et Sornay (Aptychus, Brachiopodes).

(⁴) Le terme *Séquanien*, pris dans des sens trop divers, n'a pas été employé ici. Nous avons cartographié en Kiméridgien les calcaires surmontant la zone à *bimammatum*.

(= ARGOVIEN de Haug) : *Phylloceras plicatum* Neum., *Holcophylloceras polyolcum* Ben., *Calliphylloceras benacense* Cat.. *Sowerbyceras tortisulcatum* d'Orb., *Hemilytoceras polyanchomenum* de Riaz, *Lissoceras erato* d'Orb., *Euaspidoceras oegir* Op., *E. edwardsianum* Gem., non d'Orb., *Perisphinctes lucingæ* Favre, *P. birmensdorfensis* Moesch, *P. ronchadzei* Dechaseaux, *Trimarginites arolicus* Op., *Ochetoceras canaliculatum* von Buch, *Campylites* cf. *henrici* d'Orb., *Taramelliceras flexuosum* Münster, *Gregoryceras toucasianum* d'Orb., *G. pervinquieri* Spath, *Divisosphinctes grossouvrei* Siem (épaisseur : 15 m).

8. Calcaires gris ou noirâtres, en bancs bien réglés, à texture oolithique ou grumeleuse, à empreintes d'Ammonites, passant vers la base à des dolomies jaunâtres, pulvérulentes (épaisseur : 5 m).

9. Dolomies massives, en bancs de 0,5 à 3 m, parfois légèrement silicifiés ou passant à de véritables quartzolites. Vers la base apparaissent des lentilles (?) de calcaires blancs, à grain fin (épaisseur : 90 m, au moins). Par comparaison avec la vallée de l'oued El-Abd ([5]), ([6]), ces dolomies pourraient être considérées comme appartenant au Dogger. Le Callovien et l'Oxfordien inférieur seraient représentés seulement par les calcaires 8, à moins que, comme à Tagremaret, ils ne manquent entièrement (G. Lucas, communication orale).

Le mur de ces séries est inconnu. Localement, l'extrême abondance dans le Miocène transgressif, qui entoure le Jurassique, de galets de microgranite (analogue minéralogiquement à celui du Bechtout) ayant parfois jusqu'à 30 cm de diamètre, donne à penser que ce microgranite, venu en affleurement au Miocène, forme le substratum immédiat de la série actuellement visible.

Ainsi, une stratigraphie du Jurassique supérieur ayant pu être établie grâce à des faunes d'Ammonites, cet affleurement devient un nouveau jalon dans les reconstitutions paléogéographiques. Située aux confins des faciès peu profonds des Hautes-plaines oranaises et des faciès plus profonds du Tell ([5]), la série présente bien des traits mixtes. L'ampleur et la fréquence des changements de faciès et des variations d'épaisseurs qui y sont visibles, soulignent ce caractère de zone de passage entre des régions à conditions de sédimentation différente.

GÉOLOGIE. — *Métamorphisme de contact dans les charbons intra-alpins.* Note de Mlle **Simone Durif** et M. **Robert Feys**, présentée par M. Pierre Pruvost.

On sait que les niveaux charbonneux du Carbonifère de la zone intra-alpine française (Briançonnais) sont affectés par un léger métamorphisme régional, responsable de leur transformation en *anthracites* ([1]).

Par ailleurs, ces charbons sont fréquemment modifiés par l'intrusion

([5]) G. Lucas, *XIXe Cong. géol. inter.*, monog., 1re série, n° 21, 1952.
([6]) J. Welsch, *Thèses*, Paris, 1890, p. 59, *fig.* 10.

([1]) R. Feys, *C. R. Somm. Soc. Géol. Fr.*, 1954, n° 16, p. 403-406.

de roches éruptives ([2]). Il est intéressant de comparer les résultats de l'étude pétrographique des charbons ainsi modifiés, faite au microscope métallographique, et de leur examen aux rayons X.

Le plus souvent, les intrusions éruptives qui lardent le Carbonifère briançonnais sont de minces sills de microdiorite, injectés dans la formation houillère suivant les niveaux charbonneux. Au contact, et jusqu'à une distance de quelques centimètres au maximum de l'intrusion, le charbon est alors transformé en *coke géologique*, de couleur gris terne. Des sections polies de ces cokes, examinées en lumière réfléchie, révèlent une structure vacuolaire; la matière d'origine charbonneuse constituant les parois intervacuolaires se montre formée par l'agrégat de multiples paillettes biréfringentes, sans orientation optique commune, sortes de cristallites ayant les propriétés optiques du graphite. Mais l'une de nous (S. D.) a examiné aux rayons X deux échantillons de tels cokes naturels, provenant l'un de Valloires, l'autre de la rive gauche de la Guisane ([3]). Il a été effectué des diagrammes Debye-Scherrer, ainsi que des diagrammes sur film plan, afin de mettre en évidence de plus grandes distances réticulaires que celles qui sont accessibles sur film cylindrique dans les conditions usuelles : tous révèlent du quartz et de la chlorite, dont les raies à 14, 7, 4,7 et 3,5 Å sont nettes et caractéristiques. Quant à la substance carbonée, elle ne se manifeste par aucune raie ou anneau. Tout au plus peut-on constater un léger renforcement du fond continu entre 4,7 et 3,3 Å. Le carbone de ces « cokes géologiques » ne présente donc aucune organisation graphitique à l'échelle des rayons X.

Par contre, au Chardonnet ([3]) a été naguère exploité un gisement de « graphitoïde » décrit pour la première fois par Élie de Beaumont ([4]). Il s'agit en réalité d'un charbon chargé de graphite par métamorphisme; il se présente sous forme de veines interstratifiées dans la formation houillère, et qui ne se distinguent en rien, à première vue, des veines exploitées dans la même région pour l'anthracite. Ce métamorphisme est lié à la présence d'un énorme amas de roche éruptive, à structure grenue : c'est la « *Diorite du Chardonnet* », culminant à la Cée Haute (2874,5). Modifiés ici jusqu'à une distance de plusieurs dizaines de mètres du contact, les

([2]) R. FEYS et C. GREBER, 3e *Congrès Géologie Carbonifère Heerlen*, 1, 1951, p. 209-217, pl. 8 à 10.

([3]) Les échantillons dont il est question dans cette Note proviennent de :

a. Valloires : point coté 1913 au Nord-Est de Valloires, lieu dit « les Granges » (Savoie);

b. Rive gauche Guisane : sur l'arête de la crête des Rochers de Privé, à la cote 2650, au Sud du col de Chardonnet (Hautes-Alpes);

c. Chardonnet : dans un chantier de la mine abandonnée ; Travers-Bancs à la cote 2655, traçage Nord (Hautes-Alpes).

([4]) *Ann. Sc. Nat.*, 1re série, 15, 1828, p. 353-381, pl. 12.

niveaux charbonneux sont transformés en « graphitoïde », en rognons tuberculeux qui se délitent en grandes écailles contournées, noires et luisantes, lamelleuses, tachant fortement les doigts. Examinées en sections polies, ces lamelles présentent les caractères optiques du graphite, mais elles sont chargées des mêmes impuretés minérales que le charbon originel lui-même : quartz, pyrite, carbonates. Examiné aux rayons X de la même façon que les cokes géologiques précédents, ce « graphitoïde » *donne effectivement des raies du graphite* : certaines sont légèrement élargies, une ou deux autres ont un profil dissymétrique, mais elles sont suffisamment nombreuses et nettes pour qu'on puisse cette fois parler véritablement de graphite, dans un état de cristallisation moins parfait qu'un beau graphite naturel, mais incomparablement mieux organisé qu'un anthracite.

Ces résultats confirment et précisent l'idée, jusqu'ici surtout intuitive, d'un métamorphisme de contact des charbons intra-alpins suffisamment poussé pour qu'en certains points, tel le Chardonnet, il y ait effectivement transformation en graphite, au sens cristallographique du terme. Au Chardonnet, ce métamorphisme est anté-triasique, et affecte des terrains westphaliens (il y a ici lacune du Stéphanien). Il serait donc tardi-hercynien. Rappelons que dans une région voisine, les « *migmatites du Sapey* » témoignent d'un métamorphisme particulier, lui aussi tardi-hercynien, puisqu'il affecte des terrains postérieurs au Stéphanien moyen, et qu'il est lui-même antérieur au Néo-permien (5).

PÉTROGRAPHIE. — *Sur l'origine des éclogites de Sauviat* (*Creuse*). Note (*) de M. **Maurice Chevenoy**, présentée par M. Pierre Pruvost.

Les éclogites ont fait, jusqu'à présent, l'objet de nombreuses études et diverses théories ont été émises quant à leur origine. L'examen détaillé du massif éclogitique de Sauviat, dans le Massif Central français, permet d'apporter d'utiles précisions sur ce problème.

Le massif basique de Sauviat se situe à une trentaine de kilomètres au Nord-Est de Limoges. Cartographié par L. de Launay comme serpentine, il fut brièvement décrit par Yang Kieh qui y mentionna la présence d'éclogites. Il comprend de nombreux types pétrographiques que l'on peut subdiviser en trois groupes, chacun d'eux correspondant à un certain nombre de termes nettement associés, tant dans leur gisement que génétiquement. Ce sont : 1° des éclogites et amphibolites congénères; 2° des grenatites et amphibolites grenatifères à olivine; 3° des gabbros *s. str.* et gabbros à grenat.

(5) F. Ellenberger, *Étude géologique du pays de Vanoise*, *Thèse*, 1954, Paris.

(*) Séance du 18 juillet 1955.

Le premier groupe, de beaucoup le plus important, forme la majeure partie du massif. Les éclogites se cantonnent en son centre, enrobées par les amphibolites. Les deux autres groupes apparaissent comme des accidents de superficie restreinte et se rencontrent dans le cœur du massif. L'ensemble est très nettement interstratifié dans les embréchites œillées et leptyniques de la série du Thaurion.

Les *éclogites* sont massives, à grain fin. La schistosité cristallophyllienne, toujours nette au microscope, parfois visible sur l'échantillon, est soulignée par la forme ovoïde des *grenats*, la disposition en lit des baguettes de *rutile*, l'orientation du *disthène* et du *diopside jadéitique* qui composent la roche. *Ilménite*, *quartz* et *pargasite* s'y rencontrent fréquemment.

Pyroxène, grenat et disthène sont plus ou moins affectés de transformations kélyphitiques qui, s'accentuant vers la périphérie du massif, passent à des amphibolites feldspathiques banales, à nombreux résidus éclogitiques.

Les amphibolites proches des embréchites sont sillonnées de veinules blanches quartzo-feldspathiques à grenat et sphène; ces filonnets, concordants ou non, d'autant plus abondants que l'on se rapproche des épontes du massif, sont manifestement en rapport avec la migmatisation qui a donné naissance aux embréchites. Ils montrent que la transformation des éclogites en amphibolites est ici antérieure aux phénomènes migmatiques, sans liens avec eux.

Les *grenatites à olivine* sont des roches très largement cristallisées, parfaitement orientées, à grenats elliptiques de 7 à 8 mm d'un beau rouge foncé. *Péridot* et *pargasite* sont, avec les *grenats*, les éléments principaux; ils sont groupés en lits alternants ou en aggrégats fusiformes; *bronzite*, *antigorite* et *magnétite* sont fréquentes. *Spinelle vert* et *hornblende* apparaissent comme produits de transformation.

Comme les éclogites, les grenatites donnent naissance à des amphibolites à résidus de grenat et d'olivine.

Les *Gabbros*, localisés principalement au Nord du hameau du Nouhaud, appartiennent à deux types : le premier, gabbro au sens strict, est une roche massive, sans orientation, qui a un aspect franchement éruptif. Structure et composition sont celles d'un gabbro normal; à fort grossissement, l'ensemble apparaît fortement recristallisé, avec développement de hornblende, diopside, bytownite. Dans le deuxième, aux éléments du gabbro précédent s'ajoutent le *grenat*, le *disthène* et le *rutile*, tous minéraux de néoformation. Ce faciès dérive, par recristallisation, du gabbro normal.

La structure et la composition minéralogique primitive du gabbro montrent son origine éruptive et sa mise en place antérieurement au métamorphisme. A ce dernier sont imputables les minéraux aberrants (disthène, grenat, rutile), qui sont, avec le diopside jadéitique, les constituants principaux des éclogites. Les éclogites du massif de Sauviat sont ainsi un terme de passage de l'évolution métamorphique des gabbros, évolution que nous schématiserons de la façon suivante : gabbro à diallage → gabbro à grenat, disthène, diopside, → éclogite → amphibolite kélyphitique → amphibolite feldspathique.

Voici, exprimée en pourcentage moléculaire, la composition chimique

de ces différentes roches, avec, pour comparaison, le type moyen éclogitique (*in* Lapadu-Hargues, 1953) :

	(1).	(2).	(3).	(4).	(5).	(6).
SiO_2........	53,0	52,2	51,0	51,5	40,7	44,8
Al_2O_3.......	16,0	12,9	8,1	9,0	6,3	12,5
Fe_2O_3.......	0,3	0,5	1,7	1,5	2,4	1,7
FeO........	3,3	4,9	4,9	8,0	6,1	5,6
MgO........	7,7	13,5	11,9	14,0	36,4	26,0
CaO........	16,4	13,5	11,6	13,0	6,4	13,6
Na_2O.......	1,9	2,3	2,0	2,5	1,1	1,0
K_2O........	0,7	0,3	0,2	0,5	0,1	0.3

(1) Gabbro normal. Sauviat. An. C. Rouger (Clermont, 1954).
(2) Gabbro à grenat. Sauviat. An. F. Théron (Clermont, 1955).
(3) Éclogite. Sauviat. An. C. Rouger (Clermont, 1954).
(4) Type moyen éclogitique. P. Lapadu-Hargues (1953).
(5) Grenatite à olivine. Sauviat. An. F. Théron (Clermont, 1955).
(6) Amphibolite à olivine. Sauviat. An. C. Rouger (Clermont, 1955).

L'évolution chimique du gabbro se traduit donc d'abord par une augmentation régulière de la teneur en ferromagnésiens, une diminution du silicium, de l'aluminium et du calcium. La grenatite à olivine constitue le terme extrême de cette transformation. Par la suite, l'ensemble éclogite-grenatite s'amphibolitise graduellement, l'apparition de kélyphite correspondant à une évolution chimique en sens inverse. Ce phénomène est illustré par la comparaison de la grenatite et de l'amphibolite qui en dérive, et, sur un plan plus général, du type moyen éclogitique et de la moyenne des amphibolites d'origine éclogitique.

Sorensen [1] interprète l'éclogite comme le produit de la transformation du gabbro dans une zone limitée de tension au début du métamorphisme. Quelle que soit la valeur de cette hypothèse, à Sauviat, les éclogites, roches métamorphiques, dérivent bien de gabbros de type banal, dont elles représentent un stade de transformation, sous l'influence du métamorphisme régional.

PÉTROGRAPHIE. — *Sur un nouveau type de lave néphélinitique dans les Montagnes de Goloubac (Serbie orientale).* Note de M. **Mirko Protitch** et Mme **Zora Soutchitch**, présentée par M. Pierre Pruvost.

Il s'agit d'une roche filonienne noire, très dure, trouvée par l'un de nous, et appartenant à un type inconnu jusqu'à présent en Serbie orientale.

---

(1) *The ultrabasic rocks at Tovqussaq, West Greenland, Medd. om Greenland*, 1953, nº 4.

Elle recoupe en un filon de plusieurs mètres d'épaisseur les calcaires jurassiques des Montagnes de Goloubac. Sa direction est Nord-Est-Sud-Ouest en concordance avec une faille dans les terrains albo-cénomaniens. Au Sud-Est de Rakova Bara un basalte banal à olivine forme un filon encore plus important en rapport avec une autre faille dans les formations jurassiques. La faille est postérieure à l'Oligocène et antérieure au Miocène moyen.

L'examen microscopique (M. Protitch) de cette roche (premier filon) montre qu'elle contient de l'olivine ($2\,V = +\,86$ P. U.) et de l'augite titanifère en phénocristaux et plus fréquemment sous forme de microlites. Ces minéraux sont entourés de cristaux et de microlites de néphéline de dimensions variées, associés à de l'analcime, ainsi qu'à de rares cristaux d'un plagioclase à 50 % An maclé polysynthétiquement. La présence de l'analcime a été confirmée en attaquant ce minéral isotrope par l'acide chlorhydrique; par évaporation de la solution on a bien observé la formation de petits cubes de chlorure de sodium. Les minéraux accessoires sont : la titano-magnétite, l'apatite et de petits cristaux de chromite inclus dans l'olivine.

L'analyse chimique a fourni les résultats suivants : SiO_2 38,02, Al_2O_3 17, Fe_2O_3 8,01, FeO 4,23, MgO 8,02, CaO 11, Na_2O 5,05, K_2O 2,12, TiO_2 2,10, P_2O_5 traces, $H_2O \pm$ 3,04, MnO 1,10, SO_3, Cr_2O_3 0,30, total 99,99.

La composition minéralogique correspond à une *basanite néphélinique*, pauvre en feldspath. Cependant, le calcul de l'analyse chimique conduit aux paramètres III.(7) 8.(2) 3.4 $\{2''.2\ (3).2''.2\}$ accusant une nette prédominance des feldspathoïdes sur les feldspaths, fait qui ne se rencontre que dans les familles beaucoup plus mélanocrates que les basanites, notamment dans les ankaratrites et les néphélinites. En recherchant des analogies, nous avons pourtant trouvé dans le recueil d'analyse de H. S. Washington [1] deux roches nommées « Nephelinbasalt » et ayant les mêmes paramètres magmatiques (pour les coupholites). Ces roches provenant l'une de New Mexico, l'autre de Tasmanie ont été réétudiées par A. Lacroix qui les classe dans les étindites.

Il existe néanmoins une différence minéralogique entre ces roches et la nôtre, car les étindites ne contiennent pas de plagioclase. Notre roche réunit donc les caractères d'un type calcoalcalin [$r = (2)\ 3$; $s = 4$], mésocrate ($p =$ III) et d'un type alcalin [$q = (7)\ 8$]. Nous lui donnerons le nom d'*étindite à plagioclase*.

---

[1] *U. S. Geological Survey*, *Profess. Paper*, 99, Washington, 1917.

SÉDIMENTOLOGIE. — *Le rôle de la houle dans la dispersion des matériaux fins et ses conséquences concernant la sédimentation*. Note (*) de M. **Maurice Dreyfuss**, transmise par M. Pierre Pruvost.

De nombreux sédiments marins fins, aussi bien argileux que marneux ou calcaires, s'étendent avec homogénéité sur de très vastes espaces. Cette grande extension des dépôts ne semble pas avoir reçu jusqu'ici d'explication satisfaisante : la floculation des matériaux terrigènes colloïdaux devrait en effet entraîner leur localisation près du littoral et les résultats des observations et expérimentations sur les rivières et canaux, auxquelles on se réfère habituellement pour discuter des conditions de transport des éléments en suspension, ne permettent guère de concevoir l'étalement des matériaux, et notamment des argiles détritiques ([1]), dont témoignent les sédiments.

Dans un canal, la turbulence de l'eau, cause de la mise en suspension des éléments fins gisant sur le fond, apparaît brusquement au voisinage de ce dernier, et reste sensiblement constante dans toute l'épaisseur de la tranche d'eau. Il en résulte que la quantité de matériaux tenus en suspension varie en décroissant de façon exponentielle du fond vers la surface ([2]).

En mer, les courants engendrent également une zone turbulente près du fond; mais l'épaisseur de la tranche d'eau est telle, en général, que le mouvement s'amortit plus ou moins vers le haut. Ce mécanisme permet de concevoir le remaniement de sédiments déjà formés; mais, sauf parallèlement aux côtes ou si la profondeur est très faible, des transports en masse sur une grande distance paraissent peu probables.

En réalité, l'agitation des eaux marines diffère de celle des fleuves et des canaux par un caractère auquel il ne semble pas qu'on ait généralement prêté une attention suffisante; il existe en permanence, au voisinage de la surface, une autre zone turbulente, due à la houle et aux vagues. En ce qui concerne les vagues côtières ([3]), la turbulence intéresse en réalité toute la tranche d'eau jusqu'au fond, puisque la faible distance de celui-ci sous la surface est précisément la cause de leur formation à partir de la houle du large. Pour la houle, on peut admettre que la turbulence est maxima à la surface, et décroît vers le bas proportionnellement au rayon des cercles décrits par les molécules d'eau; la décroissance de la turbulence serait donc

(*) Séance du 18 juillet 1955.

([1]) A. Rivière et L. Visse, *Bull. Soc. géol. Fr.*, (6), 4, 1954, p. 467-474.

([2]) H. Rouse, *Fluid mecanics for hydraulic engineer* 1938, p. 339 et suiv.

([3]) *Cf.* Kuenen, *Marine geology*, 1950, p. 262.

exponentielle, et telle que le mouvement devienne pratiquement négligeable à une profondeur égale à la demi-longueur d'onde de la houle.

L'existence d'un maximum de turbulence à la surface des mers retarde beaucoup la chute des matériaux susceptibles de s'y trouver en suspension : elle facilite en effet leur dispersion vers le haut et dans le sens horizontal, au détriment de la dispersion vers le bas et de l'action de la gravité (4).

Cet état de fait serait sans conséquences pratiques si, contrairement à ce qui se passe pour les canaux, d'abondants matériaux ne parvenaient pas à la mer au voisinage de la surface des eaux.

Or l'expérience montre que les éléments fins arrachés à la côte sont entraînés vers le large par l'action des vagues (5). On peut penser qu'il en est de même pour les boues calcaires résultant de la destruction des récifs : leur dispersion horizontale et leur maintien en suspension pendant un temps assez considérable sont assurés grâce à la répartition particulière de la turbulence en mer.

Les apports terrigènes proprement dits sont amenés en mer par les fleuves, principalement lors des crues (6). La lenteur avec laquelle s'effectue le mélange des eaux douces avec l'eau salée plus dense retarde les phénomènes théoriquement prévus de floculation des colloïdes, et amène les matériaux au large (7), dans des régions où la turbulence de la houle ralentit leur chute.

D'abondants apports fins s'effectuent donc en mer au niveau de la surface des eaux, c'est-à-dire dans une zone où, grâce à la houle et aux vagues, la turbulence est maxima; les éléments sont ainsi maintenus en suspension assez longtemps pour que les déplacements en masse de l'eau (courants) assurent leur étalement sur de vastes territoires.

PALÉONTOLOGIE. — *Le gisement de Ternifine : Résultats des fouilles de* 1955 *et découverte de nouveaux restes d'*Atlanthropus. Note (*) de MM. **Camille Arambourg** et **Robert Hoffstetter**, transmise par M. Pierre Pruvost.

Une nouvelle campagne de fouilles du gisement de Ternifine (Algérie) a été poursuivie par les auteurs au cours des mois de mai et juin 1955,

(4) *Cf.* Sverdrup, Johnson et Fleming. *The Oceans.*, 1946, p. 91 et suiv.

(5) L. Glangeaud, *Bull. Soc. géol. Fr.*, (5), 11, 1941, p. 371-388.

(6) L. Glangeaud, *Loc. cit.*, (5) 8, 1938, p. 599-630.

(7) On sait par exemple que, lors des crues du Congo, l'Océan est coloré en rouge jusqu'à plusieurs centaines de milles au large.

(*) Séance du 18 juillet 1955.

avec le concours de Mlle Signeux, de M. F. Ozansoy, ainsi que l'aide technique de MM. Richir et Sonilhac.

Les puissants moyens mécaniques du Service de l'Hydraulique d'Alger ont permis d'effectuer une coupe en profondeur de la partie inondée du gisement et d'en confirmer la structure et la genèse. Il a pu être constaté, notamment, qu'avant le remplissage de la cuvette lacustre par des sables d'origine artésienne des populations humanoïdes vivaient déjà aux abords de cette cuvette : on retrouve, en effet, incrustés dans l'épaisseur du fond argileux de celle-ci, une industrie lithique identique à celle des niveaux sableux, ainsi que certains restes osseux dont il sera question plus loin.

L'industrie lithique recueillie au cours de cette campagne est extrêmement abondante et, comme l'avaient montré les recherches de l'an dernier, se compose en majeure partie de bifaces et de hachereaux de type Chelles-Acheul II; mais un grand nombre de grands « racloirs » discoïdes y ont été également rencontrés et paraissent être l'une des caractéristiques de ce gisement.

De nouvelles précisions paléontologiques, confirmant et complétant les observations antérieures, ont pu être enregistrées. On sait que les animaux qui vivaient aux abords de la cuvette de Ternifine sont caractéristiques d'une faune de savane africaine tropicale. Aux éléments déjà connus et indiqués l'an dernier s'ajoutent quelques nouveautés dont les principales sont : parmi les Carnivores, le genre *Mellivora* et plusieurs Canidés, dont un de la taille du Loup, ainsi que divers Félidés; parmi les Rongeurs, le genre *Hystrix*, sans compter toute une microfaune de divers groupes; parmi les Primates, un grand Cynocéphale rappelant certaines formes géantes fossiles du Sud de l'Afrique, ainsi qu'un Cercopithéciné voisin des Macaques, et quelques autres restes incomplètement dégagés et à étudier. Enfin, parmi les Ruminants, plusieurs Antilopes d'affinités sud-africaines appartenant à divers genres.

En outre, la présence du *Machairodus*, ainsi que d'un Phacochère géant du groupe fossile de *Notochoerus*, a été confirmée, de même celle de formes rares, telles qu'une Girafe et de grands Bovinés représentant peut-être deux genres. Il faut y ajouter un crâne complet de *Camelus Thomasi* avec divers éléments squelettiques.

De nouveaux restes d'*Atlanthropus* ont été découverts également et ils comprennent principalement, avec d'assez nombreuses dents isolées des deux mâchoires, une troisième mandibule complète. Cette pièce a été découverte le 26 juin dans l'épaisseur de l'argile qui forme le fond de la cuvette; il s'agit vraisemblablement d'un sujet mâle dont les caractères *actuellement visibles* sont conformes à ceux des individus découverts l'an dernier. Mais la conservation de ce spécimen est encore meilleure. Tout l'os mandibulaire, en effet, est parfaitement intact et comporte les deux

branches montantes, dont l'une est certainement complète. La symphyse est remarquablement épaisse et fortement fuyante; quant à la denture, une partie au moins des séries jugales est conservée; les incisives paraissent manquantes; enfin une canine isolée, trouvée au contact, paraît appartenir au même individu.

Ce fossile complète heureusement les indications fournies par les pièces découvertes l'an dernier et sa situation, dans le fond argileux même de la cuvette, confirme l'homogénéité du gisement de Ternifine, ainsi que le laissaient déjà prévoir la faune et l'industrie recueillies dans les mêmes conditions.

PALÉONTOLOGIE. — *Sur l'âge pliocène de la faune des grottes du Lazaret (Sète, Hérault).* Note (*) de M. **Louis Thaler**, transmise par M. Pierre Pruvost.

Les remplissages ossifères découverts par P. Ellenberger sur la côte karstique de Sète étaient jusqu'à maintenant attribués au Villafrancien. Après une étude paléontologique portant essentiellement sur les Rongeurs, l'auteur précise que ces dépôts sont du Pliocène *sensu stricto*.

On sait que les dépôts de grotte du Lazaret, aux environs de Sète, ont fourni une abondante faune de Mammifères actuellement à l'étude. L'âge villafrancien de ces dépôts semblait résulter de la présence de *Mimomys pliocænicus*, considéré comme caractéristique de cet âge, accompagné de deux autres Rongeurs d'affinités plus actuelles appartenant aux genres *Apodemus* et *Eliomys*.

Cependant la présence dans ces dépôts de *Ruscinomys europaeus* Dep. que j'ai annoncée récemment jetait quelque doute sur cette attribution (1). *Ruscinomys* est en effet connu du Pliocène du Roussillon, seul autre gisement daté.

Depuis, l'étude de plusieurs autres Rongeurs permet d'affirmer que ces dépôts sont antérieurs au Villafrancien tel qu'il est connu à Perrier, Saint-Vallier, etc. et contemporains des couches de Perpignan. Ce sont :

1° *Stephanomys donnezani* Dep. — Ce Muridé très abondant à Sète, est connu du Pliocène du Roussillon et de la Bresse. C'est à ce genre qu'appartiennent les pièces antérieurement attribuées à *Apodemus*.

2° *Mimomys occitanus* nov. sp. — Ce Microtiné de Sète fut tout d'abord assimilé à *M. pliocænicus* Maj. Il présente en effet trois particularités qui l'apparentent aux *Mimomys* de ce groupe : 1° à la première molaire inférieure l'anticlinal externe qui suit le lobe antérieur est échancré au sommet

(*) Séance du 18 juillet 1955.

(1) *Comptes rendus*, 240, 1955, p. 1255.

par un sillon vertical; 2° le synclinal externe adjacent au lobe antérieur de cette même dent est divisé par un barrage qui détermine à partir d'un certain stade d'usure l'isolement d'un puiselet au centre de la dent; 3° le synclinal postéro-interne de la troisième molaire supérieure possède la même structure. La denture du *Mimomys* de Sète présente une trop grande variabilité individuelle pour qu'on puisse lui appliquer les critères habituels de détermination à l'intérieur de ce genre, en particulier ceux relatifs à la première molaire inférieure. L'hypsodontie, tendance évolutive constante dans la lignée *Mimomys-Arvicola*, est ici minimale, ce qui se manifeste en particulier par les deux caractères suivants : 1° l'apparition des racines est plus précoce que chez *M. pliocænicus* considéré jusqu'ici comme le plus primitif des *Mimomys*; 2° dans 10 cas sur 13 la troisième molaire supérieure porte trois racines, alors que chez tous les autres *Mimomys* connus elle n'en possède au maximum que deux. Le synclinal antéro-externe de cette dernière dent est divisé par un barrage de même type mais moins élevé que celui qui affecte son synclinal postéro-interne.

Diagnose. — Espèce à développement précoce des racines (moins hypsodonte que *M. pliocænicus*). La troisième molaire supérieure possède généralement trois racines et un barrage qui divise son synclinal antéro-externe.

3° *Eliomys intermedius* Friant *subsp.*, *emend.* — L'étude des échantillons en ma possession conduit à attribuer une valeur spécifique distincte à ce Myoxidé décrit d'après une seule dent jugale.

Cricetus angustidens Dep. — L'insuffisance de la diagnose originale ne m'avait pas permis une détermination spécifique de ce Cricétiné (*Cricetus* sp. de ma dernière Note). S. Schaub qui a eu en mains les pièces du Pliocène de Perpignan, a bien voulu confirmer cette attribution.

En ce qui concerne l'Équidé dont une dent fut découverte par P. Ellenberger, G. Astre (*in litt.*) hésitait à l'attribuer à *Hipparion* ou à *Equus*. Je n'ai pu voir qu'une photographie de cette dent, mais son examen ne permet pas de douter qu'il s'agit du genre *Hipparion*.

Conclusion. — Après révision, aucun des fossiles de Sète ne peut être considéré comme spécifiquement quaternaire. Au contraire trois espèces ont été décrites par Depéret (1890) des couches lacustres du Pliocène roussillonnais : *Stephanomys donnezani*, *Ruscinomys europæus*, *Cricetus angustidens*. L'*Hipparion* (vraisemblablement *H. crassum*) se trouve parfaitement à sa place dans cette association. Des deux espèces restantes, l'une, *Mimomys occitanus*, appartient à un genre connu jusqu'alors du seul Quaternaire mais présente les caractères les plus primitifs de sa lignée, et l'autre, *Eliomys intermedius*, se sépare nettement de la faune quaternaire et actuelle. Nous sommes donc conduits à admettre que la faunule

de Sète est de même âge que celle du Roussillon, c'est-à-dire pliocène au sens strict.

Or, à notre connaissance, c'est la première fois, au moins en France, que l'on peut attribuer au Pliocène un remplissage de grotte. On était porté, suivant le cas habituel, à le dater du Quaternaire. Ceci doit nous engager à adopter un point de vue nouveau dans l'étude des remplissages karstiques, notamment dans le Midi de la France.

La présence, au niveau de la mer actuelle d'un dépôt de caverne pliocène suggère l'existence d'un cap sétois qui se serait affaissé après avoir dominé les rivages pliocènes. Les études stratigraphiques récentes de G. Denizot ([2]) à l'Est de Sète et de L. Feugueur ([3]) à l'Ouest ne contredisent pas cette hypothèse.

GÉOPHYSIQUE. — *Quelques mesures de déclinaison magnétique à Madagascar.* Note (*) de M. **Louis Cattala**, transmise par M. Henri Besairie.

Le présent travail a été motivé par la nécessité de remettre à jour la carte de la déclinaison à Madagascar basée sur les mesures du Père Colin, au début du siècle, de M. F. C. Brown (1920-1921), H. Besairie et A. Savornin (1935-1939) et de quelques mesures côtières plus récentes des Ingénieurs hydrographes et du Père Coze. Il a consisté surtout dans la réoccupation du réseau Besairie et de quelques points de Brown. Le développement des agglomérations avec toitures en tôle n'a pas permis de réoccuper certaines stations. Pour éviter cet inconvénient dans l'avenir, nous avons doublé la station Besairie d'une station nouvelle marquée par une borne en ciment et placée de préférence sur les aérodromes. Cette double série de mesures avait encore un autre avantage : celui de montrer que les mesures n'étaient pas faites sur des anomalies locales et représentent bien une valeur régionale de la déclinaison; une anomalie locale était à craindre pour un certain nombre de nos stations, malgré les précautions prises en établissant le programme, compte tenu de la géologie. Farafangana pouvait être particulièrement soupçonné, or les deux mesures de cette localité, distantes de 2500 à 3000 m ne diffèrent que d'une minute; un si faible gradient montre que la déclinaison, quoique anormalement forte, est plutôt une anomalie régionale que locale.

Les variations diurnes enregistrées à l'Observatoire de Tananarive, les jours de nos observations, ont été de peu d'importance.

([2]) *Le sous-sol du port de Sète*, 1949; *Le sous-sol de Frontignan*, 1950.
([3]) *Géologie profonde et hydrogéologie du Bas-Languedoc*, 1955.

(*) Séance du 4 juillet 1955.

Déclinaison magnétique à Madagascar.

Résumé des campagnes de mesures du R. P. Cattala 1954-1955, et comparaison avec le réseau H. Besairie 1936-1938. Classement dans l'ordre des latitudes croissantes. Les heures sont celles du 3[e] fuseau à l'est de Greenwich.

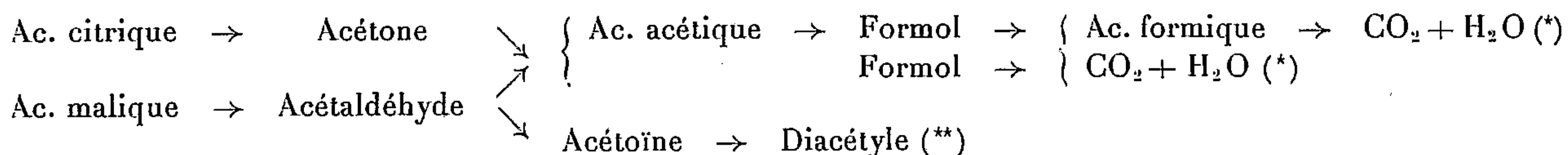
Station.	Longitude Est de Greenwich.	Latitude Sud.	Observateur.	Date.	Heure.	Déclinaison Ouest.	Variation annuelle moyenne.	Déclinaison pour 1955,0.
Maintirano, Aérodrome	44°01',3	18°02',6	B C	17- 1-38 2-10-54	9 30 8 10	8°07 10 06	7',12	10°08'
Maintirano, Grand'Place	44 01,1	18 03,5	B C	19- 1-38 1-10-54	11 00 8 55	8 57 9 51	3,23	9 53
Miandrivazo, Garde de Madagascar	45 27,5	19 31,3	B C	18- 8-38 26- 9-54	17 27 17 40	9 32 11 50	8,57	11 52
Miandrivazo, Aérodrome	45 27,0	19 33,6	C	27- 9-54	17 00	11 54	-	11 56
Belo-sur-Tsiribihina, Aérodrome	44 33,0	19 41,0	B C	17- 8-38 5-10-54	16 44 8 55	9 11 11 39	-	11 41
Belo-sur-Tsiribihina, Stat. Besairie	44 33,0	19 41,8	B C	17- 8-38 29- 9-54	9 54 17 50	9 23 11 34	8,13	11 36
Belo-sur-Tsiribihina, Station C. I. W.	44 33,2	19 42,0	C	4-10-54	9 00	11 40	-	11 42
Antsirabe, Aérodrome	47 04,3	19 49,9	C	13- 4-55	9 30	12 42	-	12 39
Morondava, Aérodrome	44 19,1	20 16,5	C	9-10-54	6 40	12 27	-	12 29
Ambositra, Embranchement de Fandriana	47 15,2	20 28,8	C	14- 4-55	11 15	13 52	-	13 49
Ambositra, Hippodrome	47 14,8	20 32,6	B C	3- 4-36 14- 4-55	16 45 16 25	9 59 13 45	11,88	13 42
Mananjary, Aérodrome	48 21,8	21 11,3	C	28- 4-55	8 15	13 54	-	13 51
Mananjary, Cimetière	48 21,4	21 12,5	B C	20-11-37 27- 4-55	14 40 10 45	10 45',7 14 55	10,85	13 52
Manja, Aérodrome	44 18,0	21 25,2	C	17-10-54	6 30	13 13	-	13 15
Manja, Grand'Place	44 19,9	21 25,7	B C	23- 8-38 16-10-54	16 56 17 25	10 26 13 14	10,40	13 16
Fianarantsoa, PK 414	47 07,0	21 25,9	B C	29- 8-38 18- 4-55	15 30 14 40	11 10 13 58	10,10	13 55
Fianarantsoa, Aérodrome	47 07,1	21 26,3	C	16- 4-55	8 50	13 51	-	13 48
Sahasinaka	47 49,7	21 48,3	B C	1- 9-38 26- 4-55	16 50 11 30	13 20 14 29	4,14	14 28
Manakara, Aérodrome	48 00,9	22 06,9	C	25- 4-55	15 30	14 29	-	14 27
Zazafotsy	46 22,2	22 12,6	B C	15-10-38 19- 4-55	7 50 15 15	10 42 13 38,5	10,69	13 35
Ihosy, Aérodrome	46 10,8	22 24,1	C	20- 4-55	16 50	13 37	-	13 34
Farafangana, Aérodrome	47 49,4	22 48,2	C	23- 4-55	8 50	18 37	-	18 34
Farafangana, C. I. W.	47 50,0	22 49,0	B C	5- 9-38 22- 4-55	10 40 14 00	15 43 18 36	10,41	18 33
Betroka, Station Besairie	46 05,8	23 15,2	B C	7- 9-38 1-11-54	15 09 17 00	11 51 15 19	12,88	15 21
Betroka, Aérodrome	46 07,7	23 15,4	C	2-11-54	7 20	15 34	-	15 36
Betroka, Place Iakora	46 05,8	23 15,9	C	2-11-54	16 15	15 17	-	15 19
Tuléar, C. I. W.	43 39,8	23 21,0	B C	7-10-37 21-10-54	7 50 8 05	12 06 14 50	9,62	14 52
Tuléar, Aérodrome	43 43,7	23 23,0	C	23-10-54	7 55	14 56	-	14 58
Tuléar, Sarodrano	43 45,8	23 29,4	C	20-10-54	8 55	15 04	-	15 06
Ampanihy, Aérodrome	44 44,3	24 41,2	C	27-10-54	8 00	17 07	-	17 09
Fort-Dauphin, Aérodrome	46 56,8	25 01,6	C	30-10-54	7 00	17 38	-	17 40
Fort-Dauphin, Pilier méridien	46 59,6	25 02,1	B C	17- 9-38 30-10-54	8 57 17 10	14 15 17 47	13,15	17 49
Beloha	45 02,9	25 09,7	B C	3-10-37 28-10-54	15 30 7 00	13 00,5 16 46	13,21	16 49

OCÉANOGRAPHIE. — *Quelques composants de la matière organique de l'eau de mer littorale. Hélio-oxydation dans le milieu marin.* Note de M. **Paul Creac'h**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Par suite du brassage continuel des eaux de surface, l'action du rayonnement ultraviolet solaire [$\lambda > 2940$ Å sous la latitude Meudon ([1])] qui n'est possible que sur une très faible épaisseur, est cependant capable d'intéresser un volume considérable. Son action oxydante est donc susceptible de se manifester sinon sur la totalité, du moins sur une partie de la matière organique de l'eau de mer et, en particulier, sur les acides citrique et malique dont la présence vient d'être démontrée dans les eaux territoriales ([2]).

Afin d'identifier plus commodément les produits d'oxydation, on a commencé par soumettre au rayonnement d'une lampe à vapeur de mercure des solutions M/1000 d'acides citrique et malique dans l'eau de mer synthétique saturée d'air. Le verre des flacons était transparent aux radiations jusqu'à 3100 Å. Après 24 heures l'analyse révèle respectivement dans les flacons la présence d'acétone et d'acétaldéhyde. Une solution M/1000 de ces corps dans le même milieu est alors soumise au rayonnement. Il en fut de même ultérieurement pour les nouveaux produits décelés. En cas d'irradiation prolongée, le milieu était périodiquement saturé d'air.

C'est ainsi qu'on a pu successivement caractériser :



(*) En eau de mer synthétique non bicarbonatée, tamponnée au borate.

(**) On n'a pas suivi l'évolution du diacétyle. Acétone, acide acétique et acide formique sont relativement plus résistants à l'hélio-oxydation que les autres corps.

Cet ensemble de composés fut alors recherché dans l'eau de mer du littoral atlantique selon le processus analytique suivant :

7 à 12 l. d'eau de mer fraîchement recueillie et filtrée sont additionnés de 0,4 g par litre d'acide succinique (pour obtenir un pH voisin de 4). On distille 1 l à la fois en recueillant les 30 premiers centimètres cubes. L'ensemble des têtes est redistillé; on conserve les 12 premiers centimètres cubes. Sur 4 cm³, on dose colorimétriquement l'acétaldéhyde selon Fromageot et P. Heitz ([3]); les 8 cm³ restants permettent d'évaluer iodométriquement l'acétone après purification préalable ([4]).

(1) D. Berthelot et H. Gaudechon, *Comptes rendus*, 155, 1912, p. 831.

(2) P. Creac'h, *Comptes rendus*, 240, 1955, p. 2551.

(3) *Mikrochimica Acta*, 3, 1938, p. 52.

(4) E. Peynaud, *Ann. Chim. Anal.*, 28, 1946, p. 128.

Le résidu des premières distillations, additionné de SO_4H_2 10 N à raison de 3 cm³/l est soumis à son tour à la distillation jusqu'à ce que l'importance de la masse cristalline déposée oblige à cesser l'opération. On entraîne ainsi la presque totalité des acides volatils et du formol.

Après neutralisation du distillat à l'eau de chaux, on pratique une nouvelle distillation aussi poussée que possible pour entraîner quantitativement le formol. Le résidu (quelques centimètres cubes de solution saline) est mis de côté.

Le distillat contenant le formol est additionné de 500 mg/l d'asparagine, tamponné à pH 9,0 et concentré sans perte ([5]) jusqu'au volume de 10 cm³ environ. Le pH étant amené à 1,8 à l'aide de SO_4H_2, le formol est alors entraîné par la vapeur d'eau et dosé par l'acide chromotropique.

Après dessiccation à l'étuve, les sels organiques sont repris par 10 cm³ ClH dilué. L'acide formique est dosé (sur 2 cm³) après réduction en formol par du magnésium selon la méthode de M. W. Grant ([6]). Un volume égal de solution non réduite sert de témoin.

Après traitement des 6 cm³ restant par SO_4Hg à 10 % et addition de SO_4Mg, on recueille l'acide acétique par distillation. L'acétone apparue par décomposition de l'acétate de Ca à 500° C avec un rendement de ± 8 % est dosée par iodométrie.

L'ensemble de ces corps, sauf l'acétaldéhyde qui disparaît en été par suite de sa volatilité, se retrouve dans chaque prélèvement d'eau de mer. Citons, à titre d'exemple :

Teneur de 1 l d'eau de mer en divers éléments organiques.
[Échantillon prélevé à Porspoder (Finistère) le 9 mai 1955].

	Molécules par litre.	Milligrammes par litre.		Molécules par litre.	Milligrammes par litre.
Acide citrique....	$0{,}13 \cdot 10^{-7}$	0,025	Acétone........	$3 \cdot 10^{-7}$	0,0175
» malique....	$0{,}41 \cdot 10^{-7}$	0,055	Acétaldéhyde.....	$1{,}89 \cdot 10^{-7}$	0,008
» formique...	$1{,}47 \cdot 10^{-5}$	0,68	Formol.........	$3 \cdot 10^{-7}$	0,009
» acétique....	$4{,}33 \cdot 10^{-6}$	0,26			

1° Il existe donc une bonne corrélation entre le résultat de l'irradiation oxydante des acides citrique et malique en milieu synthétique et celui de l'hélio-oxydation de l'eau de mer où l'acétoïne et le diacétyle n'ont encore pu, toutefois, être détectés.

2° Enrichie en acides citrique et malique, une eau de mer naturelle s'appauvrit en ces acides sous l'effet de l'irradiation tandis que l'ensemble des corps énumérés au précédent tableau augmente.

([5]) E. Peynaud, *Bull. Soc. Chim.*, 13, 1946, p. 685.

([6]) *Anal. Chem.*, 20, 1948, p. 267.

Une eau de mer prélevée le 5 avril à Arcachon, irradiée 22 jours au laboratoire, voit quadrupler son taux primitif en formol.

La présence du formol peut difficilement s'expliquer autrement que comme le résultat d'une hélio-oxydation.

PHYSIQUE DE LA HAUTE ATMOSPHÈRE. — *Nouvelle représentation de l'effet de longitude dans la couche ionosphérique* F_2. Note (*) de M. **Francis Delobeau**, transmise par M. Jean Cabannes.

La répartition sur le globe de l'ionisation de la couche F_2 laisse apparaître un fort effet de longitude ([1]) qui indique combien cette couche est sensible à la structure locale du champ magnétique terrestre. On peut admettre en première approximation que l'évolution de la couche F_2 en un lieu donné, ne dépend outre l'état du soleil que de deux paramètres couplés par le phénomène de marée : la distance zénithale et l'inclinaison magnétique ([2]). Il est alors d'usage de représenter l'effet de longitude sur le planisphère en divisant le monde en trois zones, E, I et W aux limites incertaines et déterminées soit à partir de coordonnées géomagnétiques théoriques ([3]) soit ce qui est plus précis à partir de l'allure réelle des isoclines ([4]).

Il semble préférable de rendre compte de l'effet en substituant au planisphère une carte obtenue en portant la latitude géographique selon l'axe des abscisses et l'inclinaison selon celui des ordonnées.

Si l'axe du barreau aimanté auquel on peut rapporter le champ terrestre et l'axe de rotation de la terre coïncidaient, tous les points du globe se trouveraient répartis le long de la courbe $\operatorname{tg} I = 2 \operatorname{tg} \lambda$ (courbe C_A de la figure). Du fait de la distorsion magnétique les latitudes magnétique θ et géographique λ sont liées par la relation

$$\sin\theta = \cos\alpha \sin\lambda + \cos\lambda \sin\alpha \cos G, \qquad (1)$$

α étant l'angle des deux axes précédents (soit $\sim 11^\circ 25'$) et G la longitude comptée à partir du méridien 68° W qui contient les pôles magnétiques.

Les quantités I, θ et λ sont donc reliées par l'équation

$$\operatorname{tg} I = 2 \frac{\cos\alpha \sin\lambda + \cos\lambda \sin\alpha \cos G}{\sqrt{1 - [\cos\alpha \sin\lambda + \cos\lambda \sin\alpha \cos G]^2}}. \qquad (2)$$

(*) Séance du 18 juillet 1955.

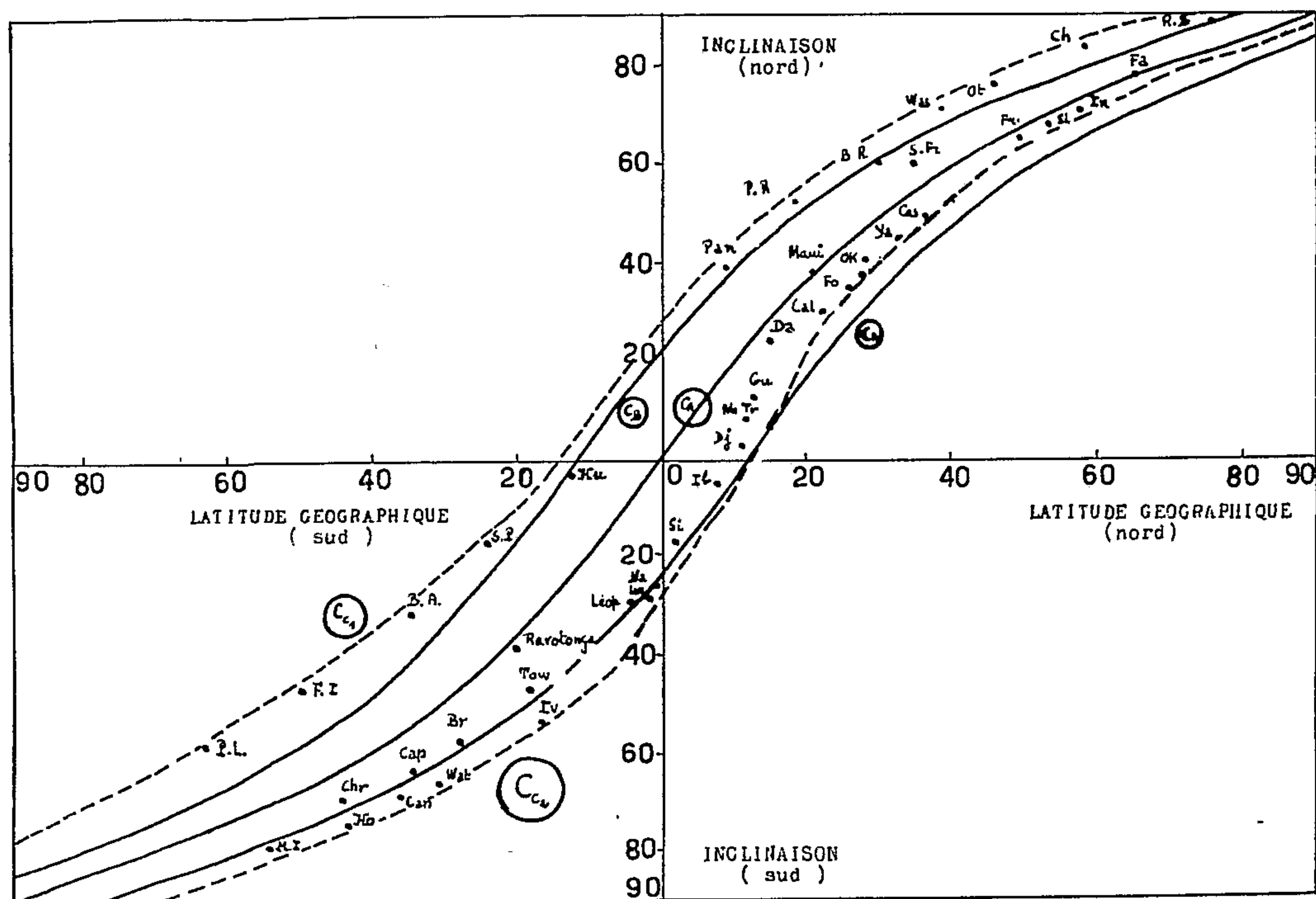
([1]) E. V. Appleton, *Nature London*, 157, 1946, p. 691; *J. Atmos. Terrest. Phys.*, 1, 1950, p. 106.

([2]) D. F. Martyn, *Proc. Roy. Soc.*, A, 189, 1947, p. 241; *Proc. Roy. Soc.*, A, 194, 1948, p. 445.

([3]) D. K. Bailey, *Conference on Radio Propagation*, Washington, 1944.

([4]) K. Rawer, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 98; *J. Atmos. Terrest. Phys.*, 3, 1953, p. 123.

Ainsi à chaque valeur de G correspond une courbe $g_G(I, \lambda)$ sensiblement parallèle à C_A, mais décalée en latitude et la courbe C_A est remplacée par une zone qui est limitée par deux courbes C_B telles que $\partial I/\partial\lambda = 0$ correspondant aux valeurs $G = 68^\circ$ W et $G = 112^\circ$ E, tandis que la courbe C_A se trouve rapportée aux latitudes 22° E et 158° W.



Du fait d'anomalies importantes par rapport à la distribution théorique qui précède, cette zone est remplacée à son tour par une nouvelle zone dont les limites sont figurées par les courbes C_c. Elle montre une forte dissymétrie entre les deux hémisphères.

On peut maintenant reporter sur cette carte les positions des stations ionosphériques actuellement en service. On constate que celles-ci sont pour la plupart situées au voisinage des courbes C_c notamment dans la zone intertropicale et qu'elles se succèdent en latitude dans un ordre qui n'est ni tout à fait l'ordre géographique, ni tout à fait l'ordre magnétique. Les stations américaines se groupent près de la courbe limite C_{c_1}, tandis que les stations d'Afrique et d'Asie sont au voisinage de C_{c2}.

La figure montre également que certaines régions sont encore dépourvues de stations. Il n'existe notamment aucune station de latitude sud ayant une inclinaison nord. Or nous avons trouvé des effets saisonniers anormaux à Ibadan et Singapour qui sont dans la situation contraire.

Il est remarquable qu'à l'exception de Maui et de Rarotonga et des stations

nordiques, aucune station ne se trouve implantée sur C_A ou dans son voisinage immédiat. Lorsque l'on transporte cette dernière courbe sur le planisphère on obtient deux courbes situées sur les deux grands océans Atlantique et Pacifique, ce qui explique cette absence; bien que certaines îles se prêteraient à des installations éventuelles. Il semble permis de penser en accord avec les résultats de Martyn que le comportement de la couche F_2 en de tels points soit plus simple qu'ailleurs.

On peut enfin noter que la présence des océans dans la partie centrale de la zone que nous avons définie n'est pas le fait du pur hasard, mais que ceux-ci ont une influence sur la structure du champ terrestre, ainsi que K. Rawer l'a déjà suggéré ([4]).

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Influence de la concentration ionique du milieu sur la germination des spores et la croissance des prothalles de Filicales en culture aseptique.* Note de M. **Henri Courbet**, présentée par M. Raoul Combes.

Le milieu de culture utilisé est celui de Knop dont le pH normal varie autour de 5,2. La valeur de ce pH est adaptée à 3,7 et à 3,2 dans certaines séries de cultures. Dans d'autres, elle est portée à 8,1. Les essais ont porté sur les Fougères suivantes :

Athyrium Filix-femina Roth, *Cystopteris fragilis* Bernh, *Osmunda regalis* L., *Polypodium vulgare* L., *Polypodium calcareum* Godr., *Polystichum Filix-mas* Roth, *Polystichum spinulosum* DC., *Pteridium aquilinum* (L.) Kühn, *Asplenium Nidus* L., *Gymnogramme sulfurea* Desv., *Nephrodium molle corymbiferum* (Sw.) R. Br., *Pteris longifolia* L. Les quatre dernières espèces sont exotiques et proviennent des serres du Jardin botanique de Nancy.

A pH 3,2, les spores des fougères exotiques n'ont pas germé. Les spores des autres espèces n'ont présenté qu'une germination très réduite. Quatre mois après l'ensemencement le tube germinatif sort à peine de la spore chez *Polystichum F. m.*; il ne comporte que quelques cellules chez *Athyrium F. f.*; chez *Polystichum spinulosum*, le prothalle n'est qu'un filament d'une vingtaine de cellules, portant trois rhizoïdes très courts (sa taille atteint 1,2 mm). Les autres spores ne manifestent pas plus d'activité sauf toutefois celles d'*Osmunda regalis* qui ont fourni des prothalles cordiformes de 4×4 mm dans les plus grandes dimensions.

A pH 3,7, les spores des fougères exotiques germent, mais les prothalles restent petits, filamenteux et souffreteux. Celles de *Gymnogramme sulfurea* produisent un tube germinatif où les chloroplastes sont peu nombreux,

tandis que les germinations d'*Asplenium Nidus* jaunissent et meurent. Même aspect pour les spores des deux autres fougères exotiques. Les prothalles formés par les spores des fougères indigènes ont plus belle allure.

Pour *Polystichum F. m.* le prothalle est d'une taille voisine de l'optimum ainsi que pour *Polystichum spinulosum.* Le prothalle d'*Athyrium F. f.* est semblable au type optimum mais réduit au tiers. Les mêmes faits sont à enregistrer pour toutes autres espèces sauf pour *Osmunda regalis* pour laquelle il n'y a pas de variation.

A pH 5,2 (c'est-à-dire dans du milieu de Knop normal), toutes les spores germent et les prothalles atteignent leur développement maximum.

A pH 7,6, la germination et la croissance restent identiques à celles obtenues dans le milieu à pH 5,2. Les gamétophytes de *Gymnogramme sulfurea* deviennent filamenteux.

A pH 8,1, les prothalles des fougères exotiques n'offrent que des dimensions très réduites et des formes filamenteuses. Les prothalles des fougères indigènes régressent également vers les formes trouvées dans les milieux à pH 3,7.

Nous n'avons pas cherché vers quelle limite supérieure du pH la germination des spores ne s'effectuait plus. Quelques essais à pH 9,3 avec les spores des fougères exotiques nous ont montré que cette alcalinité dépassait les possibilités de germination.

Dans la presque totalité des essais, là où les prothalles se sont développés suffisamment, le pH a été ramené à 5,2. Cette valeur est atteinte dans les trois premiers mois et persiste comme nous l'ont montré des mesures faites un an après l'ensemencement. Dans les solutions à pH 3,2, l'augmentation de la valeur du pH est en fonction directe de la taille du prothalle.

Ainsi les spores de *Polystichum F. m.* ayant à peine germé sont restées sans influence sur le pH initial. Celles de *Polystichum spinulosum* ont produit un tube germinatif d'une vingtaine de cellules et ont élevé le pH à 3,45. *Osmunda regalis* qui, seule, fournit de beaux prothalles, n'a amené le pH qu'à 3,4 au lieu de 5,2 qu'on espérait atteindre.

Il convient de rappeler que dans la solution de Knop, un précipité de phosphate se forme dès que pH 6,5 est atteint, et qu'il devient plus dense à mesure que les valeurs du pH augmentent. Dans les solutions à pH 8,1 le liquide décanté donne un pH 5,2 mais le précipité ne se dissout pas par agitation et conserve presque la valeur initiale de la solution : 7,8.

Osmunda regalis dès l'âge de 5 mois porte des organes sexuels. Les anthéridies sont placées sur le bord du prothalle et les archégones sur la

crête médiane, contrairement à ce que décrivit Gabriel Perrin (1). Le fait d'avoir obtenu sans difficulté des cultures de cette fougère en milieu aseptique infirme également ce que disait cet auteur à propos de la nécessité d'un endophyte.

En conclusion, comme nous le faisait prévoir Mme Hurel-Py (2), la germination des spores et la croissance des prothalles de Fougères peuvent se dérouler dans une gamme assez étendue de milieux à concentration ionique différente.

Dans l'ensemble le milieu de Knop dont le pH est voisin de 5,2 présente une concentration ionique optimum que les faits semblent démontrer puisque les différentes valeurs du pH (sauf pH 3,2) sont ramenées à ce chiffre par les cultures.

Seule des Fougères envisagées, *Osmunda regalis* semble s'accommoder assez facilement de toutes les variations.

PHYSIOLOGIE. — *Sur le mouvement des réserves glycogéniques musculaires consécutif à l'hépatectomie chez le Rat.* Note de MM. **Georges Dessaux** et **Henri Lemarchands**, présentée par M. Léon Binet.

A la suite de l'hépatectomie, on observe une diminution considérable de la réserve glycogénique de la musculature striée tandis que celle du myocarde ne change pas.

L'aptitude du cœur à utiliser l'acide lactique, en même temps que des glucides, comme source d'énergie, apparaît comme l'une des plus singulières des particularités biochimiques qui le distinguent du muscle strié. On n'observe de diminution de la réserve glycogénique du myocarde que dans des circonstances où le fonctionnement de ce muscle devient anormal, notamment dans l'état d'anoxie. Peu de travaux, cependant, permettent la comparaison, chez les mêmes sujets, du mouvement des réserves glucidiques dans les deux types de muscles, la plupart des recherches sur le métabolisme hydrocarboné du myocarde ayant été faites sur cœur isolé, ce qui, de surcroît, place l'organe dans des conditions extra-physiologiques. G. Evans (1) a montré qu'après une épreuve d'anoxie de longue durée le taux du glycogène cardiaque est considérablement diminué tandis que celui du glycogène musculaire reste sensiblement constant. Inver-

(1) *Thèse Doct. Sc. Nat.*, Paris, 1908, p. 68.
(2) *Rev. Gén. Bot.*, 57, 1950, p. 711.

(1) *J. Physiol.*, 82, 1934, p. 468.

sement, après un jeûne de 48 h, la réserve de glycogène du muscle strié a fortement diminué, alors que celle du myocarde ne subit pas de variations [Evans (1), Van Middlesworth et coll. (2)]. De plus, la confrontation des résultats obtenus, chez le Rat, par Bloom et coll. (3) sur le muscle gastrocnémien et par Cordier et Dessaux (4) sur le myocarde montre que les proportions de glycogène libre et lié sont du même ordre de grandeur pour les deux organes.

Dans le cadre d'études systématiques entreprises par l'un de nous (5) sur les effets de l'hépatectomie, nous avons étudié le comportement des réserves glycogéniques du muscle squelettique (quadriceps fémoral) et du muscle cardiaque chez des rats ayant subi une hépatectomie, c'est-à-dire ne présentant plus qu'une régulation très imparfaite de la glycémie et de la lactacidémie.

Nous utilisons des rats albinos mâles d'un poids moyen de 270 g. L'hépatectomie est réalisée en deux temps suivant une technique dérivée de celle de Kwok-Kew Cheng (6). Nous avons déterminé simultanément les niveaux des réserves glycogéniques et les taux du glucose et de l'acide lactique sanguins.

Les échantillons sont prélevés juste avant l'hépatectomie et, 2 h plus tard, au moment du sacrifice de l'animal. Les résultats des dosages sont rassemblés dans le tableau ci-après.

Nous avons procédé à quelques déterminations sur des sujets témoins et trouvé des valeurs du glycogène cardiaque (562 mg pour 100 g), du glycogène musculaire (485 mg pour 100 g), de la glycémie (1,13 g/l) et de la lactacidémie (276 mg/l) en accord avec les valeurs considérées comme normales.

L'hypoglycémie qui se manifeste aussitôt après l'hépatectomie s'accompagne, 2 h après l'ablation du foie, d'une diminution considérable de la réserve glycogénique de la musculature striée (45 % de la valeur normale), tandis que le niveau du glycogène cardiaque demeure pratiquement inchangé.

D'autre part, l'élévation importante du taux de la lactacidémie n'est pas suivie d'une augmentation de la réserve glycogénique du cœur.

(2) L. van Middlesworth, R. F. Kline et S. W. Britton, *Amer. J. Physiol.*, 140, 1943, p. 474.

(3) W. L. Bloom, G. T. Lewis, M. Z. Schumpert et T. M. Chen, *J. Biol. Chem.*, 188, 1951, p. 631.

(4) D. Cordier et G. Dessaux, *J. Physiol.*, 44, 1952, p. 703.

(5) H. Hermann, H. Lemarchands et M. Tanche, *C. R. Soc. Biol.*, 148, 1954, p. 1837.

(6) *Brit. J. exp. Path.*, 32, 1951, p. 444.

L'acide lactique, qui est normalement utilisé par le myocarde comme source d'énergie, ne participe donc pas — au moins chez le rat sans foie — à la glycogénogénèse cardiaque.

		Avant hépatectomie.		Après hépatectomie.			
						Glycogène (mg pour 100 g).	
N°	Foie enlevé (%).	Glucose (g/l).	Acide lactique (mg/l).	Glucose (g/l).	Acide lactique (mg/l).	Cœur.	Muscle.
08.......	74,6	1,40	–	0,39	–	643	162
12.......	76,4	1,16	–	–	–	326	364
19.......	83,8	1,25	–	0,47	–	440	255
21.......	72,0	1,48	–	–	–	544	137
22.......	68,0	1,99	–	0,54	–	633	244
23.......	75,0	1,71	–	0,51	–	298	210
27.......	83,1	1,32	–	0,81	–	478	206
29.......	75,4	–	234,5	–	625	–	287
34.......	84,3	1,07	103	0,71	559	–	283
39.......	69,1	–	114	0,80	285,5	–	266
32.......	83,0	1,09	228,5	–	814	–	240
46.......	76,9	–	300	–	1270	–	227
47.......	82,5	1,41	203	–	1093	472	276
50.......	90,0	1,49	229	–	657	485	220
52.......	82,0	–	410	–	953	520	226
53.......	91,3	1,10	172	–	656	492	232
M.......	79,3	1,29	221,6	0,60	768	485	240

HISTOPHYSIOLOGIE. — *Étude comparée d'un phénomène de neuro-sécrétion observé dans le cerveau des Néréidiens (Annélides Polychètes), au moment de la maturité génitale.* Note (*) de M. **Maurice Durchon** et Mlle **Jacqueline Frézal**, transmise par M. Louis Fage.

L'étude de la neuro-sécrétion cervicale chez les Néréidiens a déjà attiré l'attention de plusieurs auteurs et notamment : B. Scharrer, Schaefer, Defretin [1].

(*) Séance du 18 juillet 1955.

[1] Un Mémoire de cet auteur (*Arch. Zool. exp. et gén.*, 92, II, 1955) paru au moment du dépôt de cette Note, apporte d'utiles précisions sur l'histochimie et la cytologie du cerveau des Néréidiens.

Récemment, l'un de nous, dans une Note publiée en collaboration avec G. Bobin [2], a décrit un aspect particulier de ces phénomènes dans le cerveau de *Perinereis cultrifera* Grube; chez cette espèce, et dans les deux sexes, au moment de la transformation hétéronéréidienne, concomitante de la maturité génitale, on constate le passage d'une abondante sécrétion dans le nerf XIV. Les grains de sécrétion, très fuchsinophiles, élaborés par les cellules neuro-sécrétrices (type *d* de Schaefer), du ganglion d'où est issu le nerf, se dirigent vers l'épiderme.

La question se posait de savoir si cette neurosécrétion était spéciale aux Heteronereis, ou si elle était corrélative de la maturité génitale, aussi bien chez les espèces sans épitoquie que chez les formes hétéronéréidiennes. Pour cette raison, nous avons examiné comparativement le cerveau de plusieurs Néréidiens. Nous avons choisi : *a.* des espèces se reproduisant sans épitoquie : *Nereis diversicolor* O. F. Müller, *Ceratonereis Costæ* Grube [3], la forme atoque méditerranéenne de *Perinereis cultrifera* Grube [3] et la forme hermaphrodite de *Platynereis Dumerilii* Audouin et M. Edwards; *b.* des espèces subissant la transformation hétéronéréidienne au moment de la maturité génitale : *Nereis succinea* Leuckart, *Perinereis Marionii* Audouin et M. Edwards; ces espèces ont des Heteronereis, dont seule la partie médiane est transformée.

Pour une espèce donnée, l'examen a porté sur les deux sexes, à divers moment de la maturation génitale et à maturité sexuelle. La méthode employée a été la suivante : après détermination du sexe et de l'état de maturité par examen microscopique du produit d'une ponction coelomique : fixation de la région prostomiale au Helly, postchromisation, inclusion celloïdine-paraffine et enfin coloration des coupes sériées (5 μ) par la fuchsine d'Altmann.

Les principaux résultats sont les suivants :

1° Chez toutes les espèces étudiées, on constate, au moment de la reproduction, le passage de gouttelettes de sécrétion dans le nerf XIV, depuis le ganglion jusqu'à l'épiderme sus-jacent;

2° Au cours de la maturation génitale, la sécrétion ganglionnaire est faible. Les produits de sécrétion restent localisés dans les cellules. Quelques gouttes peuvent passer dans le nerf, mais toujours en très petite quantité.

3° Il n'existe pas de différence notable dans l'intensité de ce phénomène neuro-sécréteur, entre mâles et femelles, pour une espèce donnée, à un moment donné de la croissance génitale.

---

(2) *Arch. Anat. micr. et de Morph. exp.*, 42, 1953, p. 112-126.

(3) M. Durchon, *Bull. Soc. Hist. Nat. Afrique du Nord*, 46, n° 5-6, 1955 (sous presse).

4° Une comparaison effectuée entre les espèces à épitoquie et celles qui, à maturité, ne présentent pas cette transformation, révèle d'importantes différences d'intensité sécrétoire. Chez les Heteronereis des deux sexes, les gouttelettes de sécrétion sont toujours très abondantes dans le ganglion; à maturité complète, elles passent dans l'épiderme, où elles occupent un large secteur. Chez les reproducteurs atoques, la sécrétion ganglionnaire, quoique toujours présente est beaucoup moins importante; corrélativement, la portion épidermique envahie par le produit sécrété est d'étendue restreinte.

Le polymorphisme présenté par *Perinereis cultrifera*, qui sur les côtes de la Manche et de l'Atlantique se reproduit à l'état hétéronéréidien et en Méditerranée en phase atoque dans la majorité des cas, permet à ce sujet d'utiles comparaisons chez une même espèce. L'examen comparatif de cerveaux d'individus des deux formes, pris à divers moments de la croissance sexuelle, montre que, dans les deux sexes, l'intensité sécrétoire est fonction du degré de maturation; elle est maxima lorsque la maturité sexuelle est atteinte; d'autre part les produits de sécrétion sont plus abondants chez les Heteronereis que chez les reproducteurs atoques.

Enfin, le cas de la forme hermaphrodite protérandre de *Platynereis Dumerilii* est intéressant à considérer; en effet, chez cette espèce, après une première phase sexuelle, mâle, des ovocytes tombent dans le coelome et l'animal termine sa vie comme femelle; cependant, des produits sexuels, mâles et femelles, peuvent coexister dans le coelome. Il n'y a donc pas de crise génitale marquée au cours de la vie de ces Néréidiens. Corrélativement, nous avons constaté que le passage de la sécrétion dans le nerf XIV est généralement très faible et d'intensité sensiblement invariable.

Cette étude comparative révèle donc, chez les Néréidiens, une homogénéité à la fois morphologique et physiologique du cerveau : le ganglion qui émet le nerf XIV, comporte, à côté des éléments ganglionnaires banaux, des cellules neuro-sécrétrices qui manifestent une activité maxima au moment de la reproduction; d'autre part, l'abondance des produits de sécrétion est fonction de l'ampleur de la crise génitale.

BIOLOGIE MARINE. — *Sur les déplacements de frontières biogéographiques intercotidales, observables en Espagne : situation en* 1954-1955. Note (*) de M. **Édouard Fischer-Piette**, transmise par M. Louis Fage.

On sait que lorsque l'on suit la côte depuis nos régions septentrionales (Bretagne) jusqu'au Portugal, on constate dans le fond du golfe de

(*) Séance du 18 juillet 1955.

Gascogne un caractère méridional très accusé, rappelant le Maroc ou les Canaries, mais qu'au-delà on voit reparaître un caractère septentrional rappelant la Bretagne, qui a son maximum en Galice avant de faire place à nouveau à l'aspect méridional (Sud du Portugal).

En 1949, voulant compléter nos connaissances sur le passage du caractère méridional basque au caractère septentrional galicien, l'auteur eut la surprise de constater des changements considérables par rapport aux quelques données antérieures, relatives à la fin du siècle précédent ou au début de ce siècle (Algues : Sauvageau, 1897; Mollusques : Hidalgo, 1916). On savait seulement que la frontière des deux domaines se trouvait quelque part entre la frontière française et San Vicente de la Barquera (première des stations étudiées par Sauvageau), vraisemblablement dans la région de Noja près Santander (interprétation de certaines données de Hidalgo). Or, en 1949, le domaine septentrional ne commençait plus que dans la région de Ribadeo, la frontière avait donc subit un déplacement d'Est en Ouest qui était, à coup sûr, de 200 km au moins, et, selon toute vraisemblance, de l'ordre de 300 km [1].

Ce déplacement étant constaté, il aurait fallu pouvoir surveiller l'évolution de la situation. Un accident l'empêcha longtemps, mais en hiver 1954-1955, il fut possible de retourner en Espagne, d'y réétudier les 31 stations de 1949 et d'y intercaler 22 stations nouvelles pour bien établir notre connaissance de la situation actuelle.

Il s'agissait d'abord de savoir si la situation observée en 1949 n'avait été qu'un état éphémère, dû à ce que cette année-là fut particulièrement sèche et ensoleillée. Or, cinq ans après, la situation antérieure n'était pas encore rétablie, au moins dans le fond du golfe de Gascogne. A San Vicente par exemple, où les comparaisons sont très instructives du fait de la description de Sauvageau, n'avaient toujours pas reparu les *Himanthalia*, les *Laminaria* de toutes sortes, les *Pelvetia*, et même la situation s'était encore aggravée par la disparition totale des *Fucus platycarpus* qui en 1949 y occupaient encore des surfaces étendues (cette espèce a disparu de bien d'autres localités du fond du golfe, depuis 1949).

Mais les examens de 1955 mirent cependant en évidence de nouveaux déplacements de frontière, surtout dans le secteur occidental, mais dont certains, s'étendant dans le secteur oriental au-delà de San Vicente, sont en contradiction apparente avec les faits concernant *Fucus platycarpus*.

Voici quelques-uns des changements constatés.

---

(1) Voir *Ann. Inst. Océanogr.*, 31, p. 37-124 (sous presse).

Le plus étendu d'entre eux concerne le Lichen terrestre *Xanthoria parietina* L. En 1949 il n'avait été rencontré dans le domaine intercotidal qu'à Luarca et plus à l'Ouest (sauf présence locale à Pedernales). En 1955, il se rencontre tout au long de la côte d'Espagne (avec toutefois un aspect souffreteux en Biscaye), où il a donc conquis (ou, plus probablement, reconquis) 400 km de côtes. Une explication de ces changements sera proposée dans notre mémoire détaillé.

Le Lichen marin septentrional *Caloplaca marina* Weddell, en 1949, ne se rencontrait, comme le précédent, qu'à partir de Luarca, si bien que pour ces deux espèces se posait la question de savoir si leur absence à l'Est du massif ancien n'était pas due (comme dans la Baie de Seine) à des causes lithologiques. Il n'en est rien. En 1954-1955 il s'étendait (avec un caractère de plus en plus sporadique d'Ouest en Est) jusqu'à Castro-Urdiales : le déplacement de sa frontière de répartition a été de 275 km.

L'algue septentrionale *Fucus serratus* L. est aussi un des organismes qui font défaut sur la côte basque française. En Espagne, autrefois Sauvageau la trouvait dès San Vicente, « très fréquente » sur la côte même. En 1949 elle en avait disparu sauf dans l'estuaire où elle était stérile, elle ne fut trouvée sur la côte même qu'à partir de Gijon mais stérile encore, elle n'était fertile qu'à partir de Ribadeo; et sa taille était fort réduite, ne dépassant pas 15 cm à la station la plus favorable, Cangas de Foz.

En 1955 c'est encore à Cangas de Foz que s'observait son maximum de prospérité, mais avec une taille de 30 à 65 cm sur les mêmes rochers; sa fertilité s'étendait jusqu'à Gijon inclus, sa frontière de fertilité s'était donc déplacée vers l'Est de 110 km. Les populations stériles furent rencontrées jusqu'à Lastres sur la côte même, jusqu'à San Vicente en estuaire.

Le Mollusque septentrional *Purpura lapillus* L., qui fait presque totalement défaut sur la côte basque française, avait été cité par Hidalgo de très nombreuses localités à partir de Noja. En 1949 il était introuvable jusqu'à Ribadeo (sauf à Luarca, un petit exemplaire). Mais en 1955 on pouvait en récolter en nombre illimité à Luarca et à San Juan de La Arena (station non visitée en 1949), et il atteignait presque Gijon : quelques petits individus à Candas. Cette station, qui n'est pas forcément nouvelle (non visitée en 1949), est à 60 km de Luarca et 120 km de Ribadeo, mais elle est encore à 180 km de la frontière d'autrefois, Noja.

L'ampleur des phénomènes en cours, et les très grandes différences observables d'une espèce à une autre, montrent combien il importe de suivre maintenant régulièrement les événements, à partir des descriptions établies en 1954-1955.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Différenciation par leur teneur en isoleucine des hémoglobines alcalinorésistantes de l'Homme adulte et du nouveau-né.* Note de M. **Yves Derrien** et M[me] **Georgette Laurent**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

La fraction alcalinorésistante de l'oxyhémoglobine de sujets adultes normaux renferme 3,25 % d'isoleucine. Elle doit, à cet égard, être considérée comme distincte de l'hémoglobine fœtale dont la fraction alcalinorésistante ne contient que 1,94 % de cet acide aminé. La présence dans la carboxyhémoglobine d'une fraction alcalinorésistante, distincte des deux premières, est envisagée.

Le pigment respiratoire de l'Homme adulte (Hb A) renferme normalement une faible quantité d'hémoglobine dont la résistance à la dénaturation alcaline est comparable à celle du chromoprotéide fœtal (Hb F) ([1]). Cette similitude de caractère a conduit à admettre l'identité de ces hémoglobines et à considérer la présence de traces de la première (de 0,5 à 1,7 %) ([2]) dans le sang de l'adulte comme traduisant la persistance au cours de la vie extra-utérine d'une hémoglobinogénèse fœtale, latente chez le sujet normal, mais susceptible de réactivation dans divers états pathologiques ou génotypiques. En fait, le problème fondamental de l'identité ou de la diversité des hémoglobines résistantes à la dénaturation alcaline (R. D. A.) n'est pas résolu; il n'a, actuellement encore, fait l'objet que de recherches fragmentaires d'ordre physicochimiques ([2]) parmi lesquelles celles de R. Brinkman et J. H. P. Jonxis ([3]), paraissant établir une distinction nette entre la fraction R. D. A. de Hb A et Hb F, demeurent controversées.

De récents travaux ([4]), ([5]), ([6]) ayant établi que l'écart le plus caractéristique observé dans la composition en acides aminés des hémoglobines porte sur les taux d'isoleucine (0,32 % de Hb A et 1,83 % de Hb F) ([6]), nous nous sommes proposés de vérifier les conclusions de Brinkman et Jonxis par une étude comparée des teneurs en isoleucine des fractions alcalinorésistantes isolées de chromoprotéides d'adultes normaux et de nouveau-nés. Nous avons jugé utile d'étendre ces recherches aux dérivés

---

([1]) F. Haurowitz, *Z. physiol. Chem.*, 186, 1930, p. 141.

([2]) K. Singer, A. I. Chernoff et L. Singer, *Blood*, 6, 1951, p. 413 et 429.

([3]) *J. Physiol.*, 85, 1935, p. 117.

([4]) A. C. Van der Linden, *Thèse*, Amsterdam, 1949.

([5]) A. Rossi-Fanelli, D. Cavallini et C. de Marco, *Boll. Soc. It. Biol. Sper.*, 30, 1954, p. 1005.

([6]) P. C. Van der Schaaf et T. H. Huisman, *Biochim. Biophys. Acta*, 17, 1955, p. 81.

oxygénés et oxycarbonés de Hb A, les seconds renfermant toujours de deux à trois fois plus de pigments R. D. A. que les premiers ([7]).

Techniques. — Après isolement des chromoprotéides alcalinorésistants par dénaturation fractionnée d'oxy- et de carboxyhémoglobines d'adultes et de nouveau-nés (sang de cordon ombilical) effectué selon le mode opératoire antérieurement décrit ([8]), leur globine a été préparée selon Anson et Mirsky et soumise à une hydrolyse acide (HCl redistillé 6N) en tube scellé, à 120°, durant 6 h.

La teneur en isoleucine de ces globines a été déterminée par une nouvelle méthode de chromatographie quantitative ([9]) combinant les techniques de E. Work ([10]) et de M. Mortreuil et Y. Khouvine ([11]). La première permet la séparation de l'isoleucine, de la leucine et de la phénylalanine par chromatographie unidimensionnelle des hydrolysats sur papier en milieu alcool amylique tertiaire saturé d'eau et en atmosphère de diéthylamine. La seconde comporte la révélation des chromatogrammes par la ninhydrine, le découpage des taches, leur élution par une solution aqueuse de méthanol renfermant 0,1 % de chlorure de cadmium et le dosage spectrophotométrique ($\lambda = 505\ m\mu$) du complexe coloré formé. Appliquée au dosage de l'isoleucine, dans des conditions soigneusement standardisées, cette méthode fournit des résultats reproductibles à 5 % près.

Résultats. — Les moyennes des teneurs en isoleucine des globines étudiées, exprimées en gramme pour 100 g d'hémoglobine, sont consignées dans le tableau ci-joint.

Pigments étudiés.	Taux d'isoleucine.	
COHb totale d'adulte	0,34	0,32 (*)
Fract. R. D. A. de COHb d'adulte	1,9	–
Fract. R. D. A. d'HbO_2 d'adulte	3,25	–
Fract. R. D. A. de COHb de N.-N.	1,94	1,83 (*)

(*) Données de Van der Schaaf et Huisman ([6]).

L'examen de ce dernier met en évidence les faits suivants :

1° L'ordre de grandeur de nos résultats expérimentaux concernant la COHb totale d'adulte et la fraction R. D. A. de COHb de nouveau-né est comparable à celui des données établies par Van der Schaaf et Huisman

([7]) Y. Derrien, G. Laurent et J. Roche, *C. R. Soc. Biol.*, 147, 1953, p. 1934.

([8]) Y. Derrien, G. Laurent et M. Borgomano, *C. R. Soc. Biol.*, 148, 1954, p. 1101.

([9]) S. Lissitzky et G. Laurent, *Bull. Soc. Chim. biol.* (sous presse).

([10]) *Biochim. Biophys. Acta*, 3, 1949, p. 400.

([11]) *Bull. Soc. Chim. biol.*, 36, 1954, p. 425.

par chromatographie sur colonne de résine échangeuse d'ions, effectuée selon Stein et Moore.

2° La fraction R. D. A. de l'HbO_2 d'adulte est caractérisée par une teneur en isoleucine (3,25 %) très nettement supérieure à celle de la fraction alcalinorésistante du chromoprotéide de nouveau-né (1,94 %).

3° La transformation de l'oxyhémoglobine d'adulte ou son dérivé oxycarboné augmente de deux à trois fois le taux de sa fraction R. D. A. et abaisse de 3,25 à 1,9 % la proportion d'isoleucine contenue dans cette dernière. Il semble dès lors que l'on soit en droit d'admettre la présence de deux types distincts de chromoprotéides R. D. A. dans la COHb d'adulte : l'un de ceux-ci correspondrait à la fraction R. D. A. de l'oxyhémoglobine et l'autre à des pigments dont le dérivé oxycarboné serait seul alcalinorésistant. La teneur en isoleucine de ces derniers, calculée à partir des données expérimentales, serait de l'ordre de 1 à 1,3 %.

La séance est levée à 15 h 35 m.

L. B.



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 1er AOUT 1955.

PRÉSIDENCE DE M. GASTON JULIA.

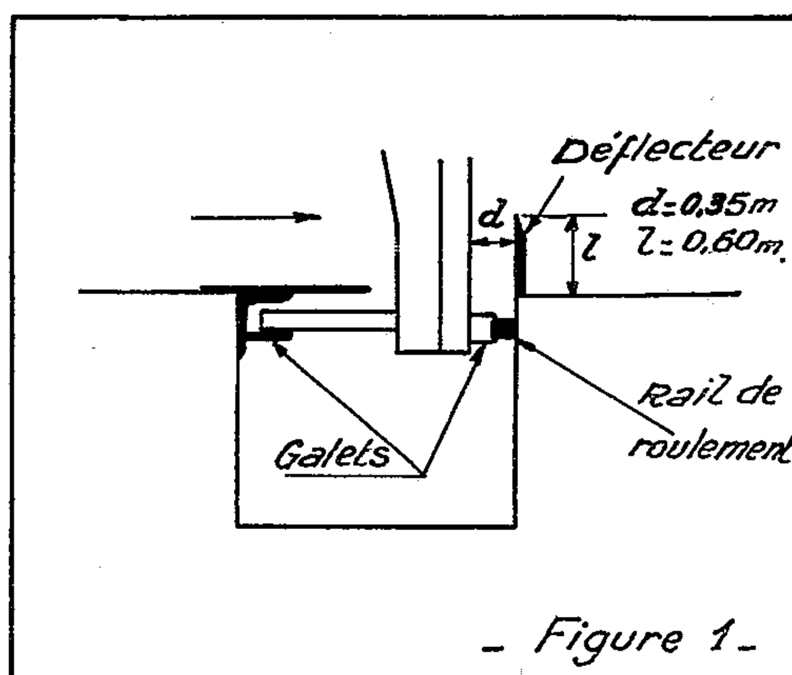
MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

HYDRAULIQUE. — *Influence de déflecteurs latéraux sur la descente des éléments de batardeau en eau vive.* Note de MM. **Léopold Escande** et **Louis Castex**.

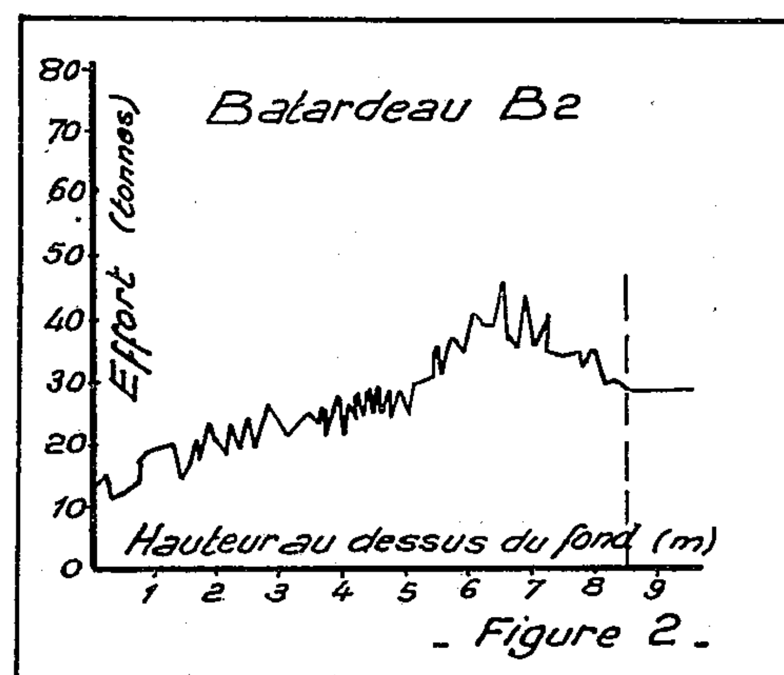
Le dispositif de déflecteurs proposé améliore nettement les conditions de descente.

Dans deux Notes précédentes ([1]), nous avons exposé les résultats que nous avions obtenus dans l'étude de la descente des éléments de batardeau en eau vive et mis en évidence les phénomènes particulièrement retoutables qui prennent naissance dans certains cas.

Des expériences antérieures, que nous avions faites dans la soufflerie aérodynamique de Banlève, sur la traînée d'une plaque plane, avec alimentation du



- Figure 1 -



- Figure 2 -

sillage ([2]), nous ont incité à penser que l'emploi de déflecteurs latéraux, faisant saillie sur les parois du canal, pourrait permettre de réduire les oscillations du batardeau et les fluctuations de l'effort : ces déflecteurs, constitués par des plaques métalliques à minces parois, sont placés immédiatement à l'aval du batardeau (*fig.* 1).

([1]) *Comptes rendus*, 240, 1955, p. 1291; 241, 1955, p. 140.
([2]) *Comptes rendus*, 237, 1953, p. 591.

Nos expériences ont fait intervenir trois déflecteurs dont les saillies par rapport au mur bajoyer ont comme valeurs respectives : 0,40 m, 0,60, 0,80 m (valeurs rapportées à l'ouvrage réel, 5 fois plus grand que le modèle).

Ces expériences nous ont montré que les déflecteurs de 0,60 m donnent les meilleurs résultats.

En ce qui concerne, par exemple, la descente du premier élément, il suffit de comparer la figure 2, relative à la descente du batardeau B.2, dans un courant animé d'une vitesse V de 3 m/sec., à la figure 4 de notre première Note (1) caractérisant la descente du premier élément B.2, avec la même vitesse d'attaque V, en l'absence de déflecteurs, pour se rendre compte immédiatement de la réduction très importante subie par les fluctuations de l'effort : par contre, l'effort maximum demeure sensiblement le même dans les deux cas.

Pour la descente du deuxième élément de batardeau, l'influence des réflecteurs est moins favorable comme il résulte par exemple des indications fournies par les tableaux ci-après qui mettent en évidence, pour les batardeaux B.1, B.2, B.3, l'espace E sans déflecteurs E' avec déflecteurs, subsistant entre le premier élément en place et le deuxième élément en fin de manœuvre, en fonction de la vitesse d'attaque V.

	Descente du premier élément.				Descente du deuxième élément.			
V (m/sec).	F (t.).	F' (t.).	ΔF (t.).	ΔF' (t.).	F (t.).	F' (t.).	E (m.)	E' (m.).
				Batardeau B.1.				
2,45	47,5	51,2	16,5	10,0	61,0	67,0	0,23	0,32
3,00	64,0	58,2	33,0	17,5	70,0	75,0	0,32	0,51
3,35	66,0	63,0	32,5	18,0	76,0	80,0	0,39	0,51
3,92	64,0	68,5	30,0	22,0	77,0	85,0	0,46	0,87
4,47	72,0	73,5	40,0	17,5	79,0	86,0	0,58	1,00
5,37	77,0	73,0	31,5	17,0	–	–	–	–
				Batardeau B.2.				
2,45	32,5	33,7	10,5	5,0	47,0	42,0	0,16	0,25
3,00	46,5	46,5	22,0	7,0	52,0	54,0	0,35	0,50
3,35	41,5	44,5	28,5	11,0	57,0	58,0	0,60	0,50
3,92	49,5	52,5	35,0	17,5	62,0	53,5	0,75	0,75
4,47	59,0	57,0	57,0	20,0	66,0	57,5	1,00	0,88
5,37	59,5	60,5	41,0	16,0	–	–	–	–
				Batardeau B.3.				
2,45	35,0	39,0	10	9	55,0	43,0	1,40	1,40
3,00	38,5	45,0	10	11	53,0	43,0	1,40	1,50
3,35	44,0	46,0	16,5	18	69,0	45,0	1,53	1,65
3,92	51,0	50,0	22,0	20	61,0	48,0	1,40	1,75
4,47	53,0	62,0	34,0	23	65,0	55,0	1,86	1,90
5,37	61,0	63,0	50	36	66,0	63,0	2,00	1,90

Ces mêmes tableaux, donnent par ailleurs, l'effort maximum sur le treuil F sans déflecteurs, F' avec déflecteurs, dans la zone critique, en fonction de V.

Les expériences effectuées avec les autres formes de batardeaux déjà étudiées (3) (B.4-B.5-B.6) conduisent aux mêmes conclusions.

En particulier, avec le batardeau à âme horizontale évidée B.6, l'effet des déflecteurs s'ajoute à celui des évidements pour réduire encore l'amplitude des fluctuations sans gêner sensiblement la descente du deuxième élément.

M. **Gustavo Colonnetti** adresse en hommage à l'Académie le deuxième volume : *La statica delle travi e degli archi*, de son Ouvrage intitulé : *Scienza delle costruzioni*.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Serviços geologicos de Portugal. *Flora mesozoica portuguesa*, por Carlos Teixeira. 1re et 2e parties.

2° *The Report on the Tokachi-Oki Earthquake* (en langue japonaise).

3° *Wird das Klima auf der Erde wärmer?* von Walter Cernowicky.

4° *Memoirs of the Faculty of Engineering, Kumamoto University*. Vol. I, nos 1, 2.

5° *Endocrinologia Japonica*. Vol. I. n° 1.

THÉORIE DES JEUX. — *Sur une généralisation du théorème de Zermelo-von Neumann*. Note (*) de M. **Claude Berge**, présentée par M. Louis de Broglie.

Le théorème de Zermelo-von Neumann, énoncé sous sa forme complète par Kuhn (1) pour les jeux finis à n personnes, est étendu ici à une classe de jeux infinis.

Considérons un jeu sous sa forme extensive globale (2); si $\sigma = (\sigma_1, \sigma_2, \dots \sigma_n)$ est un n-uple de stratégies, on désignera par $\langle x_0, \sigma \rangle$ l'ensemble des positions de jeu rencontrées dans une partie de position initiale x_0, avec σ_i pour stratégie du joueur (i). Dans la présente Note, le joueur (i) peut être considéré indiffé-

(3) *Loc. cit.*

(*) Séance du 25 juillet 1955.

(1) Cf. *Contributions to the Theory of Games*, V. II; *Ann. of Math. Studies*, 28, p. 209.

(2) *Cf.* C. Berge, *J. Math. P. et Appl.*, 32, 1953, p. 157.

remment comme *actif* avec pour gain $f_i^+(x_0, \sigma) = \sup\{f_i(x)/x \in \langle x_0, \sigma\rangle\}$, ou comme *passif* avec pour gain $f_i^-(x_0, \sigma) = \inf\{f_i(x)/x \in \langle x_0, \sigma\rangle\}$. On suppose :

H_1. L'ensemble $\langle x_0, \sigma\rangle$ est fini pour tout x_0 et pour tout σ.

H_2. L'espace des positions du jeu $X = \sum_{i=1}^{n} X_i$ est la somme topologique des espaces séparés X_i.

H_3. Les fonctions de préférence $f_i(x)$ sont continues dans X.

H_4. Le transformateur du jeu Γ est une application multiforme de X dans X continue : Γx est compact pour tout x; quel que soit l'ouvert Ω, les ensembles $\Gamma^+\Omega = \{x/\Gamma x \neq \emptyset,\ \Gamma x \subset \Omega\}$ et $\Gamma^-\Omega = \{x/\Gamma x \cap \Omega \neq \emptyset\}$ sont ouverts; $N = \{x/\Gamma x = \emptyset\}$ est ouvert.

LEMME 1. — *Si $f_i(x)$ est semi-continu supérieurement (resp. inférieurement), et si $\sigma^0 = (\sigma_1^0, \sigma_2^0, \ldots, \sigma_n^0)$ est un opérateur continu dans X, les fonctions $f_i^+(x, \sigma^0)$ et $f_i^-(x, \sigma^0)$ sont semi-continues supérieurement (resp. inférieurement) en x.*

En effet, soient $x_1^0, x_2^0, \ldots, x_p^0$ les positions successives de $\langle x_1^0, \sigma^0\rangle$ et soient $V(x_1^0), V(x_2^0), \ldots, V(x_p^0)$ des voisinages de ces points. L'opérateur σ^0 étant continu, il existe un voisinage $v(x_1^0)$ tel que, pour tout x_1 dans $v(x_1^0)$, on ait

1° $$\langle x_1, \sigma^0\rangle = \{x_1, x_2, \ldots, x_p\} \text{ à } p \text{ éléments},$$

2° $$x_k \in V(x_k^0) \qquad (k = 1, 2, \ldots, p).$$

Prenons $V(x_k^0)$ tel que

$$f_i(x_k) \leq f_i(x_k^0) + \varepsilon.$$

On aura bien

$$f_i^+(x_1, \sigma^0) \leq f_i^+(x_1^0, \sigma^0) + \varepsilon,$$
$$f_i^-(x_1, \sigma^0) \leq f_i^-(x_1^0, \sigma^0) + \varepsilon.$$

LEMME 2. — *Si $g(x)$ est une fonction réelle continue dans X, l'application multiforme G définie par*

$$Gx = \{y/y \in \Gamma x,\ g(y) = \max_{z \in \Gamma x} g(z) = M(x)\}$$

est semi-continue supérieurement.

Soit Ω un ouvert contenant Gx_0; pour un nombre positif ε, on a

$$g(x) \leq M(x_0) - 2\varepsilon \qquad \left(x \in \Gamma x_0 \cap \complement\Omega\right).$$

Soit ω un ouvert contenant $\Gamma x_0 \cap \complement\Omega$, et tel que

$$g(x) \leq M(x_0) - \varepsilon \qquad (x \in \omega).$$

Il existe deux voisinages $v_1(x_0)$ et $v_2(x_0)$ tels que

$$\Gamma x \subset \Omega \cup \omega \qquad (x \in v_1(x_0)),$$
$$\Gamma x \cap \{x/g(x) > M(x_0) - \varepsilon\} \neq \emptyset \qquad (x \in v_2(x_0)).$$

On a donc

$$Gx \subset \Omega \qquad (x \in \Gamma_1(x_0) \cap \Gamma_2(x_0)).$$

L'ensemble $G^+\Omega$ est donc bien ouvert, et de plus, Gx est compact pour tout x.

C. Q. F. D.

THÉORÈME. — *Dans un jeu topologique à n joueurs, il existe un equilibrium* $\sigma = (\sigma_1, \sigma_2, \ldots, \sigma_n)$, *valable pour toute position initiale* x_0, *et c'est un opérateur continu dans* X.

D'après H_1, l'espace X peut être recouvert par des ouverts tels que $e_0 = N$, $e_1 = \Gamma^+ e_0 \cup N$, $e_2 = \Gamma^+ e_1 \cup N$, ... $e_m = \Gamma^+ e_{m-1} \cup N$, ... $e_\omega = \bigcup_m e_m$, $e_{\omega+1} = \Gamma^+ e_\omega \cup N, \ldots$ (Γx étant compact, on vérifie que $e_\omega = e_{\omega+1} = e_{\omega+2} = \ldots$).

Dans e_0, on définit arbitrairement σ par $\sigma x = x$ (qui est ainsi trivialement un équilibrium continu dans e_0). Montrons que s'il existe un equilibrium continu σ dans e_m, on peut le prolonger dans e_{m+1} en $\bar{\sigma}$, equilibrium continu. Considérons l'application multiforme B de $e_{m+1} - e_m$ dans e_m, définie par

$$Bx = \{ y / y \in \Gamma x ;\ f_i(y, \sigma) = \max_{z \in \Gamma x} f_i(z, \sigma),\ \text{où } X_i \ni x \}.$$

La fonction $f_i(y, \sigma)$ est continue dans e_m (lemme 1), et, par conséquent, B est semi-continu supérieurement (lemme 2). Le jeu étant topologique, on peut donc définir une application uniforme $\bar{\sigma}$ de $e_{m+1} - e_m$ dans e_m, continue, et telle que

$$\bar{\sigma} x \in Bx \qquad (x \in e_{m+1} - e_m).$$

Si $x \in X_i$, et si τ_i est une stratégie de (i), on a, en posant

$$\tau_i x = z, \qquad \bar{\sigma}_i x = y,$$

la relation

$$f_i(z;\ \sigma_{N-i}, \tau_i) \leqq f_i(z;\ \sigma) \leqq f_i(y;\ \sigma).$$

Si (i) est actif, dans le cas $f_i(x) \leqq f_i(z;\ \sigma_{N-i}, \tau_i)$, on peut écrire :

$$f_i(x;\ \sigma_{N-i}, \tau_i) = f_i(z;\ \sigma_{N-i}, \tau_i) \leqq f_i(y;\ \sigma) \leqq f_i(x;\ \bar{\sigma}).$$

Dans le cas $f_i(x) \geqq f_i(z;\ \sigma_{N-i}, \tau_i)$, on arrive directement à la même conclusion.]
Si (i) est passif, dans le cas $f_i(x) \geqq f_i(y;\ \sigma)$, on peut écrire :

$$f_i(x;\ \sigma_{N-i}, \tau_i) \leqq f_i(z;\ \sigma_{N-i}, \tau_i) \leqq f_i(y;\ \sigma) = f_i(x;\ \bar{\sigma}).$$

[Dans le cas $f_i(x) \leqq f_i(y;\ \sigma)$, on arrive directement à la même conclusion.]
Dans e_{m+1}, $\bar{\sigma}$ est donc bien un equilibrium. C. Q. F. D.

Remarque. — Dans le cas où la topologie de X est discrète, et où Γx est un ensemble fini, on retrouve, sous une forme globalisée, le résultat de Kuhn.

MÉCANIQUE PHYSIQUE. — *Calcul de la fréquence d'oscillation d'un quartz entretenu par transistor.* Note (*) de M. **Georges Briffod**, transmise par M. Jean Cabannes.

J'avais étudié dans une Note précédente [1] l'influence du système d'entretien sur la fréquence d'oscillation d'un quartz entretenu par transistor. Ce calcul a été repris pour être appliqué au cas général où l'on désire connaître en même temps :

— l'influence du système d'entretien sur la fréquence;

— la possibilité de faire varier cette fréquence pour l'ajuster sur une fréquence de référence déterminée.

Les équations ci-dessous ont été établies dans les conditions les plus générales où l'on modifie les caractéristiques du quartz en plaçant des capacités en série et en parallèle à ses bornes.

On appellera C_4 la capacité série et C_p la capacité parallèle aux bornes de l'ensemble quartz-capacité série. C_p peut être constituée uniquement par la capacité interélectrodes du transistor.

L'impédance du système quartz-capacité se met sous la forme

$$(7)\qquad \frac{1}{z}=j\left[\frac{C_0C_4}{C_0+C_4}+C_p\right]\omega+\left|\frac{C_4}{C_0+C_4}\right|^2\frac{1}{r_1+j\left|L_1\omega-\frac{1}{C_1\omega}-\frac{1}{(C_0+C_4)\omega}\right|},$$

portons cette expression dans la condition d'oscillation $G=1$ on obtient

1. Cas où la résistance est négligeable devant la réactance : $r_a \ll L_1\omega - 1/C_1\omega$, quartz de très bonne qualité. — *a. circuit oscillant accordé très près de la fréquence d'oscillation :*

$$\Omega^2=\frac{1}{L_1}\left[\frac{1}{C_1}+\frac{1}{C_0+C_4}+\frac{1}{G_0}\right]$$

$$(8)\qquad G_0=\left|\frac{C_4+C_0}{C_4}\right|^2\left[C_p+\frac{C_0C_4}{C_0+C_4}+C_E\frac{z_{11}}{z_{11}+z_{22}-z_{12}-z_{21}}\right].$$

b. Circuit oscillant accordé sur ω_0 voisin de ω fréquence d'oscillation :

$$\Omega^2=\frac{1}{L_1}\left[\frac{1}{C_1}+\frac{1}{C_0+C_4}+\frac{1}{G_1}\right],$$

avec

$$G_1=G_0-C_2\left|\frac{C_0+C_4}{C_4}\right|^2\frac{z_{11}-z_{21}-z_{12}}{z_{11}+z_{22}-z_{12}-z_{21}}\left[1-\frac{1}{L_2C_2\omega_0^2}\right].$$

2. Cas ou la résistance n'est pas négligeable devant la réactance. — *a. circuit oscillant accordé très près de la fréquence d'oscillation;*

$$\Omega^2=\frac{1}{L_1}\left[\frac{1}{C_1}+\frac{1}{C_0+C_4}+\frac{1}{G_2}\right],\quad \text{avec}\quad \frac{1}{G_2}=\frac{1}{G_0}|1-AB$$

(*) Séance du 25 juillet 1955.

(1) *Comptes rendus*, 240, 1955, p. 841.

ou

$$A = \left|\frac{C_0 + C_4}{C_4}\right|^2 \frac{r}{z_{11} + z_{22} - z_{12} - z_{21}}, \qquad B = 1 - \left(\frac{C_0 C_4}{C_0 + C_4} + C_p\right)(z_{11} z_{22} - z_{12} z_{21}) C_E \omega_0^2$$

b. Circuit oscillant accordé sur ω_0 *voisin de* ω *fréquence d'oscillation :*

$$\Omega^2 = \frac{1}{L_1}\left[\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_0 + C_4} + \frac{1}{G_3}\right], \qquad \text{avec} \quad \frac{1}{G_3} = \frac{1}{G_1} | 1 - AD |$$

ou

$$D = 1 - \left| C_2\omega_0 - \frac{1}{L_2\omega_0}\right|^2 - \left(\frac{C_0 C_4}{C_0 + C_4} + C_p\right)(z_{11} z_{22} - z_{12} z_{21})\, \omega_0^2 \left[C_E - C_2\left(1 - \frac{1}{L_2 C_2 \omega_0^2}\right)\right],$$

On retrouvera les formules établies dans la Note précédente en faisant dans ces quatre cas : $C_p = 0$ et $C_4 = \infty$.

Le tableau ci-dessous donne les variations de fréquence pour différentes valeurs de C_4 suivant les valeurs données à la capacité C_2 du circuit oscillant dans le montage réalisé. On pourra les comparer aux valeurs indiquée dans la Note précédente qui se rapportaient au même oscillateur.

C_A →.	30.	37.	54.	62.	70.	75.	C_2 ↓.
Variation de marche par 24 h ↓	+0,28	+0,35	+0,44	+0,58	+0,96	+1,52	513
	−0,1	+0,02	+0,15	+0,34	+0,67	+1,29	575 pf
	−0,4	−0,27	−0,13	+0,08	+0,45	+1,14	758
	−0,6	−0,46	−0,32	−0,1	+0,28	+0,96	1236

HYDRAULIQUE. — *Étude des efforts hydrodynamiques s'exerçant sur une vanne secteur.* Note de M. **John Thomas Panikar**, transmise par M. Léopold Escande.

Calcul des efforts qui s'exercent sur une vanne placée sur un seuil déversant et détermination des conditions de stabilité.

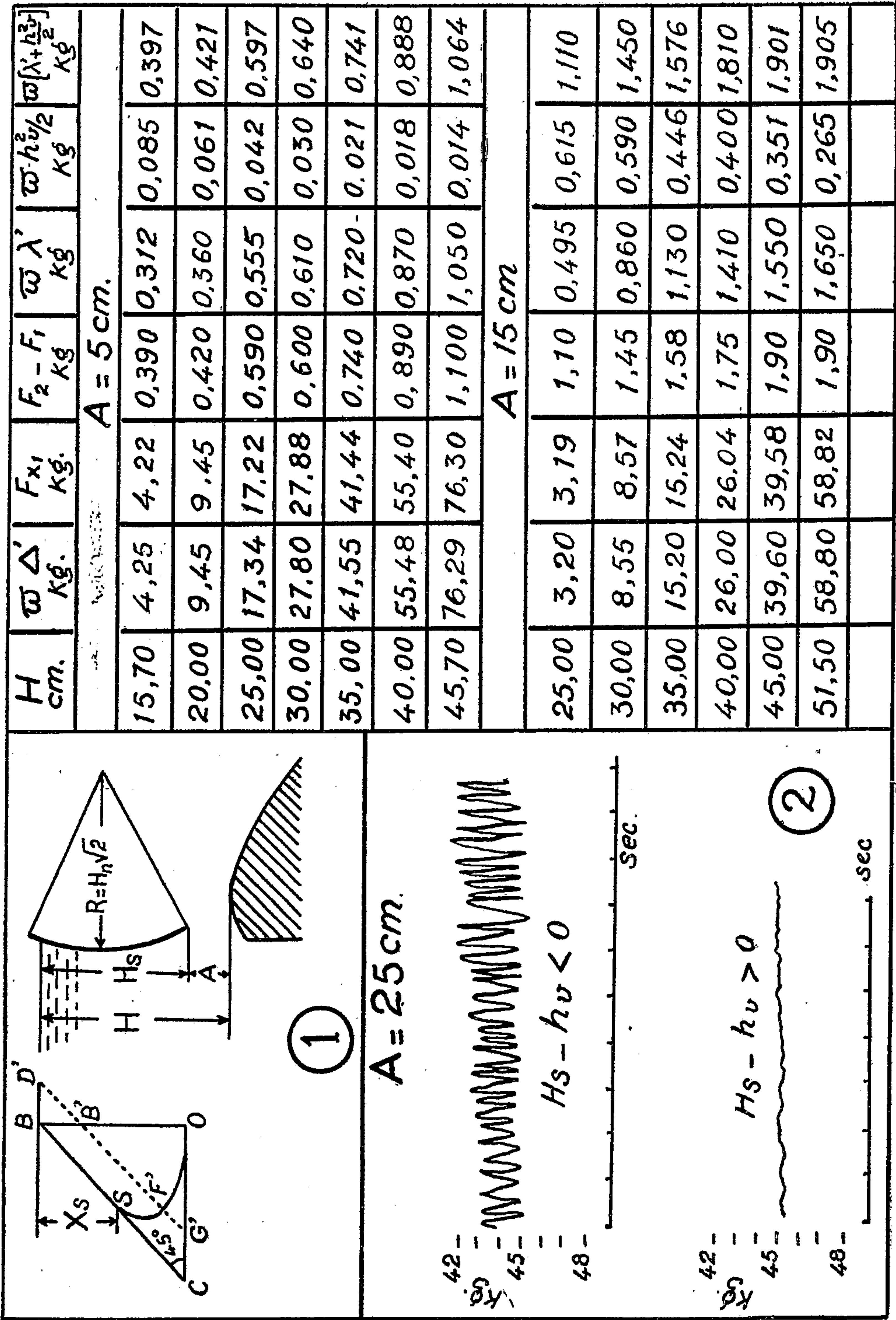
Considérons l'écoulement sur un seuil déversant surmonté d'une vanne secteur (*fig.* 1) et appelons $\varpi\Delta$ la composante horizontale de la force, par unité de largeur de la vanne, que créeraient les pressions hydrostatiques en l'absence de vitesses. Dans un diagramme représentant la répartition des pressions sur un élément de plan vertical correspondant à la profondeur mouillée de la vanne, Δ est représenté par la surface du triangle BCO.

Le diagramme des composantes horizontales des pressions réelles est représenté par la ligne BSF′O et une intégration graphique fournit la composante horizontale correspondante Δ' des pressions réelles exprimées en hauteur d'eau ; si nous appelons δ la surface limitée par la ligne CSF′O on a : $\Delta' = \Delta - \delta$.

Les mesures faites avec une balance hydrodynamique mise au point par M. Dialinas, au Laboratoire d'Hydraulique de Toulouse [1] montrent que la

---

[1] *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 1969-1971.



H cm.	$\varpi\Delta'$ Kg.	F_{x_1} Kg.	$F_2 - F_1$ Kg	$\varpi\lambda'$ Kg	$\varpi h_v^2/2$ Kg	$\varpi[\lambda' + \frac{h_v^2}{2}]$ Kg
A = 5 cm.						
15,70	4,25	4,22	0,390	0,312	0,085	0,397
20,00	9,45	9,45	0,420	0,360	0,061	0,421
25,00	17,34	17,22	0,590	0,555	0,042	0,597
30,00	27,80	27,88	0,600	0,610	0,030	0,640
35,00	41,55	41,44	0,740	0,720	0,021	0,741
40.00	55,48	55,40	0,890	0,870	0,018	0,888
45,70	76,29	76,30	1,100	1,050	0,014	1,064
A = 15 cm						
25,00	3,20	3,19	1,10	0,495	0,615	1,110
30,00	8,55	8,57	1,45	0,860	0,590	1,450
35,00	15,20	15,24	1,58	1,130	0,446	1,576
40,00	26,00	26,04	1,75	1,410	0,400	1,810
45,00	39,60	39,58	1,90	1,550	0,351	1,901
51,50	58,80	58,82	1,90	1,650	0,265	1,905

résultante F des efforts oscille entre un minimum F_1 et un maximum F_2 et que $\varpi\Delta'$ correspond à la composante horizontale Fx_1 de F_1.

Soit A une certaine ouverture de vanne, H la charge au-dessus du seuil déversant, $H_s = H - A$ la hauteur du plan d'eau amont au-dessus du bord inférieur de la vanne, X_s définit la hauteur d'eau au-dessus du point S, du parement amont de la vanne où la courbe de répartition de pression cesse d'être une droite. Nous appelons coefficient de zone le rapport $C_s = X_s/H_s$.

Nous donnons le nom de vitesse caractéristique au quotient $v = q/H$ et nous désignons par h_v la hauteur dynamique correspondante $h_v = v^2/2g$.

Les résultats obtenus montrent que l'effort maximum peut être représenté par la relation

$$F_2 = F_1 + \varpi\left[\lambda' + \frac{h_v^2}{2}\right] \qquad (1)$$

où $\varpi\lambda'$ représente un effort intermittent exercé sur la vanne et déterminé comme il suit : sur le diagramme on trace la ligne D'B'F'G' parallèle à BC avec $BD' = C_s^2 h_v$ (la hauteur dynamique due à une vitesse $C_s v$) : λ' est représenté par la surface BD'B'F'S.

Le tableau fournit une comparaison entre les résultats déduits de la relation (1) et les mesures effectuées sur la balance pour deux ouvertures A.

Nous avons également étudié les conditions de vibration de la vanne en mettant en évidence la quantité $H_s - h_v$ que nous appelons facteur de stabilité.

Si $H_s - h_v < 0$ (ce qui n'arrive qu'aux grandes ouvertures de vanne et faibles valeurs de H_s) on peut voir sur le diagramme que l'influence de l'effort intermittent est prédominant. Il peut y avoir résonance et la vanne est libre d'osciller à sa période propre.

Lorsque $H_s - h_v > 0$ l'effort intermittent est contrebalancé par un effort stable qui augmente l'inertie. Les oscillations de la force F sont plus faibles, comme le montrent les enregistrements (*fig.* 2) et la période est supérieure à la période du système.

Précisons que le seuil déversant est un profil Creager de charge de référence $H_n = 0,33$ m; la vanne secteur a un rayon $R = H_n\sqrt{2}$; l'ouverture A variant de $H_n/6$ à H_n, la largeur du canal est de 1 m et les débits varient de 30 l/s à 1000 l/s.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Méthode de calcul de la densité spectrale des fréquences propres de vibration d'un réseau cristallin.* Note (*) de M. **Jean Peretti**, transmise par M. Louis Néel.

On indique une méthode générale pour le calcul de la densité spectrale $g(\omega)$ des fréquences propres ω de vibration d'un cristal à partir de la matrice dynamique $\mathfrak{M}$; cette méthode est valable quelle que soit l'hypothèse faite sur la distance à laquelle s'exercent les interactions entre les atomes du cristal. Elle repose sur l'emploi d'une « fonction caractéristique » $\Phi(\lambda) = D^{-1}$ Tr. exp. $i\lambda\mathfrak{M}$.

Pour les petites oscillations des N atomes autour de leur position d'équilibre,

(*) Séance du 25 juillet 1955.

les *équations de Hamilton* du cristal s'écrivent $\dot{\vec{X}}(t) = i\mathcal{M}\vec{X}(t)$, où $\vec{X}(t)$ est le vecteur dont les composantes sont les composantes des déplacements et des moments des différents atomes du cristal. Les pulsations propres $\omega_\alpha = 2\pi\nu_\alpha$ sont les valeurs propres de la matrice dynamique $\mathcal{M}$, dont les éléments sont les coefficients de force généralisés entre atomes. Si l'on admet pour le cristal les conditions cycliques de Born-von Karmàn, $\mathcal{M}$ est cyclique et est constituée par des sous-matrices $\mathcal{M}_{\alpha,\beta,\gamma}$ qui se répètent dans $\mathcal{M}$ de façon cyclique, ce qu'on peut écrire plus précisément : $\mathcal{M} = \sum_{\alpha,\beta,\gamma} \mathcal{M}_{\alpha,\beta,\gamma} x t_1^\alpha x t_2^\beta x t_3^\gamma$ où x représente le produit direct; t_1, t_2, t_3 sont les matrices réduites de translation suivant les trois directions primitives du réseau; $\mathcal{M}_{\alpha,\beta,\gamma}$ est une matrice de dimension m qui représente l'interaction d'une maille donnée avec la maille qui s'en déduit par le produit des translations $t_1(\alpha - 1)$ itérée, $t_2(\beta - 1)$ itérée, $t_3(\gamma - 1)$ itérée. m est le nombre de degrés de liberté de la maille élémentaire. On démontre que $g(\omega)$ est la transformée de Fourier de la fonction $\Phi(\lambda)$, que nous baptisons *fonction caractéristique* définie par :

$$\Phi(\lambda) = (\text{dimension de } \mathcal{M})^{-1} \operatorname{Tr.} \exp. i\lambda\mathcal{M} \tag{1}$$

Quand N tend vers l'infini, $\Phi(\lambda)$ tend vers une limite donnée par :

$$\Phi(\lambda) = (2\pi)^{-3} m^{-1} \operatorname{Tr.} \int_0^{2\pi}\int_0^{2\pi}\int_0^{2\pi} e^{i\lambda\varphi[\cos\theta_1, \cos\theta_2, \cos\theta_3]} d\theta_1\, d\theta_2\, d\theta_3 \tag{2}$$

où φ est une matrice de dimension m, polynome en $\cos\theta_1$, $\cos\theta_2$, $\cos\theta_3$, définie par $\varphi = 2^3 \sum_{\alpha,\beta,\gamma} \mathcal{M}_{\alpha,\beta,\gamma} \cos\alpha\theta_1 \cos\beta\theta_2 \cos\gamma\theta_3$, Le polynome caractéristique en z de la matrice φ, $P(z, \cos\theta_1, \cos\theta_2, \cos\theta_3)$, est de degré m en z et c'est aussi un polynome en $\cos\theta_1$, $\cos\theta_2$, $\cos\theta_3$. Soit $\mathcal{F}(z)$ la fonction analytique de la variable complexe z définie par

$$\mathcal{F}(z) = \int_0^{2\pi}\int_0^{2\pi}\int_0^{2\pi} \frac{\frac{\partial}{\partial z} P(z, \cos\theta_1, \cos\theta_2, \cos\theta_3)}{P(z, \cos\theta_1, \cos\theta_2, \cos\theta_3)} d\theta_1\, d\theta_2\, d\theta_3. \tag{3}$$

On démontre que $g(\omega)$ est la *transformée de Hilbert* de $\mathcal{F}(z)$:

$$\mathcal{F}(z) = \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{g(\omega)}{z - \omega} d\omega. \tag{4}$$

Laissant, pour l'instant, de côté les méthodes de résolution numérique de l'équation intégrale (4) en $g(\omega)$, nous allons envisager dans ce qui suit les propriétés générales de la solution unique $g(\omega)$. On démontre de façon générale : *a.* $g(\omega)$ et $\mathcal{F}(\omega)$ ont les mêmes points singuliers; *b.* $g(\omega)$ et $\mathcal{F}(\omega)$ se compor-

tent de même façon au voisinage de ces points; *c.* en dehors de ces points on a

(5) $$g(\omega) = -\frac{1}{\pi}\mathcal{I}m\,\mathcal{F}(\omega + i0) \qquad (\omega \text{ réel}).$$

Les points singuliers de $g(\omega)$ sont donc donnés par le système de quatre équations algébriques de degré m, en ω, $\cos\theta_1$, $\cos\theta_2$, $\cos\theta_3$

(6) $$P(\omega, \cos\theta_1, \cos\theta_2, \cos\theta_3) = 0 \qquad \frac{\partial P}{\partial\theta_1} = \frac{\partial P}{\partial\theta_2} = \frac{\partial P}{\partial\theta_3} = 0.$$

Au voisinage de ces points la formule (3) permet de prévoir le comportement de $\mathcal{F}(\omega)$, qui est essentiellement le même que celui de $g(\omega)$. On trouve alors : *a.* pour un réseau unidimensionnel les singularités de $g(\omega)$ sont dissymétriques et de la forme $|\omega - \omega_s|^{-(1/2)}$; *b.* pour un réseau bidimensionnel, elles sont symétriques et de la forme $Ln|\omega - \omega_s|$; *c.* pour un réseau tridimensionnel, les ω_s solutions de (6) donnent lieu soit à une valeur nulle de $g(\omega)$ soit à une tangente d'inflexion verticale. Ces derniers résultats, déjà indiqués par van Hove sur la base d'un théorème de topologie algébrique, peuvent être précisés numériquement dans chaque cas concret grâce à la relation précise (3).

THERMOCINÉTIQUE. — *L'influence de l'interface métal gaz sur la convection des fils fins.* Note (*) de MM. **Israël Epelboin** et **André Vapaille**, transmise par M. Eugène Darmois.

Nous avons déjà montré que pour de faibles échauffements, le coefficient d'échange thermique superficiel K entre un fil fin et un gaz calme dépend de la nature du solide [1]. Il en est de même si le gaz s'écoule parallèlement au fil, (régime laminaire). Dans les deux cas on élimine l'effet des bouts et l'on étudie le coefficient de convection.

Avec trois fils respectivement de nickel, platine et argent, de 100 μ de diamètre, 25 cm de longueur et placés horizontalement, on trouve, pour un échauffement $\Delta\theta = 150°$, les valeurs suivantes de K (exprimées dans les colonnes 1 du tableau en 10^{-2} cal cm^{-2}-degré$^{-1}$-sec^{+1})

	Ni.		Pt.		Ag.	
	1.	2.	1.	2.	1.	2.
Air calme..........	0,37 ± 0,013	1,9%	0,42 ± 0,015	2,2%	0,48 ± 0,017	4,3%
Air en mouvement...	0,44 ± 0,015	1,8%	0,52 ± 0,018	2,0%	0,61 ± 0,022	4,0%

La mesure du coefficient d'échange K s'effectue en échauffant le fil à l'aide d'un courant électrique; on détermine la puissance dissipée par effet Joule et

(*) Séance du 25 juillet 1955.

(1) I. Epelboin et A. Vapaille, *Comptes rendus*, 239, 1954, p. 1365; A. Vapaille (D.E.S., 1954); H. Pham (D.E.S., 1955).

l'échauffement $\Delta\theta$ par des mesures d'intensité et de résistance. Dans le cas de la convection forcée, la vitesse de l'air au voisinage du fil est 2,2 m/s et les conditions expérimentales sont rigoureusement les mêmes pour les trois fils ; l'erreur expérimentale est de 3,5 %.

La chaleur est dissipée par rayonnement, convection naturelle ou forcée de l'air et conduction aux deux bornes d'amenée du courant (effet des bouts). Les échauffements étudiés étant faibles, le rayonnement est négligeable : pour $\Delta\theta = 200°$, les pertes par rayonnement sont au maximum 0,3 % des pertes totales. Dans les limites d'erreur, on peut donc écrire que la somme des pertes par convection et effet des bouts est égale à la perte totale, ce qui entraîne

$$K = k + k_b \tag{1}$$

(k, coefficient de convection superficiel, k_b, coefficient de conduction). Un calcul simple permet d'évaluer k_b et conduit à

$$K = k + \frac{1}{l} \times \sqrt{\frac{\Lambda\Phi k}{1 + a\Delta\theta}}, \tag{2}$$

Λ, conduction thermique du métal Φ, diamètre du fil a, coefficient de variation de la résistance du fil en fonction de la température l, longueur du fil.

La détermination de k_b suppose qu'il existe au centre du fil une région où la température est constante, ce qui a été vérifié expérimentalement, non seulement dans le cas de la convection naturelle, mais dans celui de la convection forcée avec vitesse d'écoulement du fluide parallèle au fil [2]. On a calculé k_b/k pour les trois fils cités plus haut et les résultats sont indiqués en pour-cent dans les colonnes 2 du tableau. Cependant, le calcul conduisant à la formule (2) admet que Λ et k sont indépendants de la température et de l'échauffement du fil et que sa résistivité est fonction linéaire de la température. Ces approximations rendent imprécise la valeur de l'effet des bouts; aussi, pour déterminer le coefficient de convection, avons-nous préféré éliminer cet effet en utilisant les méthodes suivantes.

1° *Étude de fils de différentes longueurs.* — On porte, en fonction de l'inverse de la longueur l les coefficients d'échange obtenus expérimentalement. En accord avec la relation (2), on obtient une droite qui, extrapolée à l'origine, donne la valeur de k. La pente de la droite expérimentale est plus forte que la pente calculée, mais l'accord est d'autant meilleur que le coefficient de convection est plus grand. L'expérience montre que pour un fil de 1 m de longueur, les pertes par les bouts sont négligeables même dans l'air calme (cas le plus défavorable) ; on a alors $k_b/k < 1$ %.

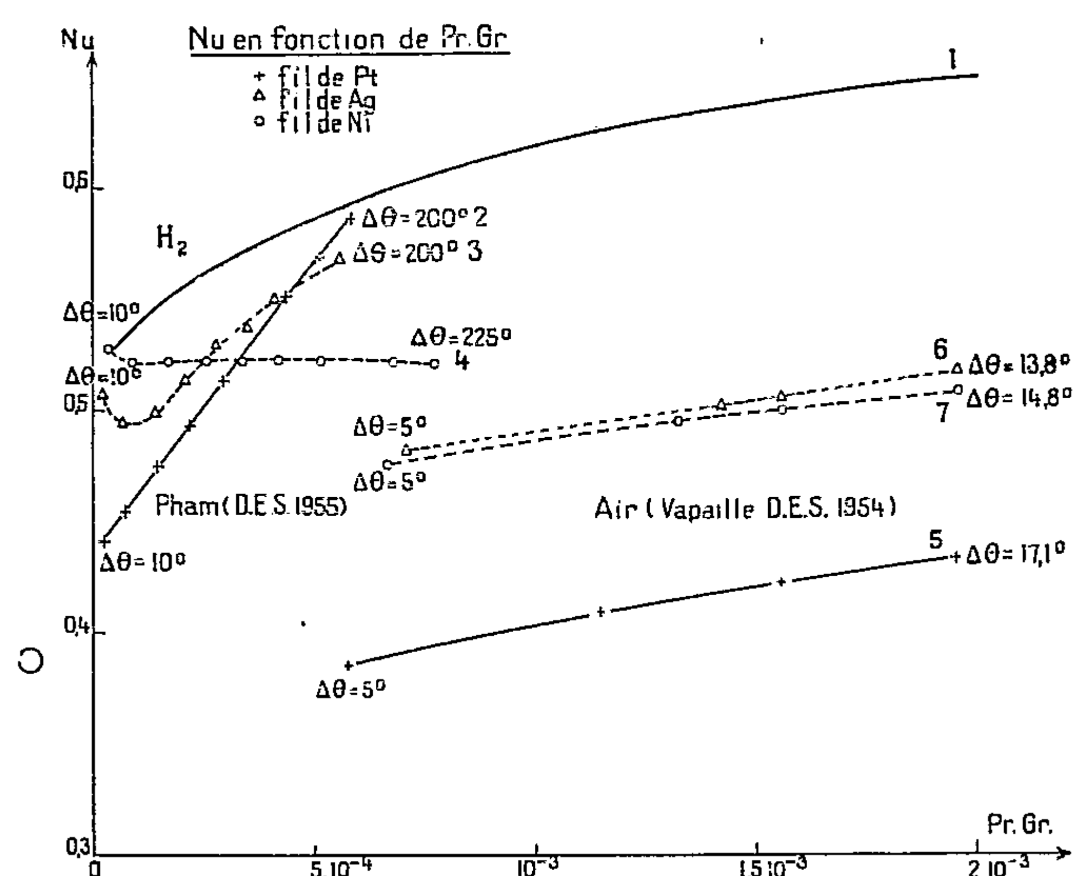
2° *Étude de deux fils de longueur différente l_1 et l_2 placés en série* [3]. — La dif-

[2] L. PETROU, *Comptes rendus*, 239, 1954, p. 1187.

[3] GREGORY et ARCHER, *Proc. Roy. Soc. London*, 120, 1926, p. 91.

férence de résistance de ces deux fils représente la résistance d'un fil fictif de longueur $l_1 - l_2$ dépourvu d'effet des bouts et pour lequel on détermine k.

Ces deux méthodes donnent aux erreurs d'expérience près, la même valeur des coefficients de convection k et confirment que celui-ci dépend de la nature de l'interface solide-gaz, comme on peut le voir sur le graphique I. Sur ce graphique on a porté le nombre de Nusselt $\mathrm{Nu} = k\Phi/\lambda$ en fonction du produit des nombres de Grashof et de Prandtl $\mathrm{Gr} = \beta g \rho^2 \Phi^3 \Delta\theta/\mu^2$ $\mathrm{Pr} = c_p \mu/\lambda$ (Φ, diamètre du fil; g, accélération de la pesanteur; β coefficient de dilatation; c_p, chaleur spécifique à pression constante; ρ, masse spécifique; μ, viscosité



absolue; λ, conductibilité thermique du fluide). La courbe 1 représente les données de la bibliographie (4) établies sans tenir compte de la nature du corps convectant; les courbes 2 à 7 concernent les résultats expérimentaux obtenus sur des fils de 100 μ environ de Pt, Ag, Ni respectivement dans l'air (5, 6, 7) et dans l'hydrogène (2, 3, 4). On voit que toutes les courbes expérimentales s'écartent notablement de la courbe théorique; on a pris $\lambda = 33{,}9 . 10^{-5}$ pour H_2 et l'écart s'accentue si λ augmente. Les courbes relatives aux trois métaux ne coïncident pas et les courbes relatives à l'air et à l'hydrogène, bien que n'appartenant pas au même domaine de valeur du produit Pr. Gr ne se raccordent pas.

ACOUSTIQUE. — *Emploi d'un bifilaire comme peson, pour la mesure des pressions de radiation acoustique*. Note de M. **Gaston Laville**, transmise par M. Eugène Darmois.

Un bifilaire préalablement tordu se détord quand on charge son équipage

(4) *Rice International critical tables*, 5, p. 234.

et se tord davantage quand on soulage ce dernier. Fernand Charron [1] semble, le premier, avoir appliqué ce principe à un peson. Il obtient la torsion préalable du bifilaire en tordant les fils de suspension d'un angle θ_0 autour de leur axe, d'où, lorsque l'équipage chargé d'un poids P a tourné de θ, l'équation d'équilibre

$$\frac{Pb^2}{l}\sin\theta = \frac{C}{l}(\theta_0 - \theta).$$

L'emploi d'un couple linéaire que doit compenser un couple sinusoïdal en θ entraîne quelques difficultés dont on peut s'affranchir en utilisant un couple de torsion préalable sinusoïdal $K\sin(\theta_0 - \theta)$, K étant d'ailleurs réglable. Un tel couple s'obtient facilement par l'action d'un champ magnétique variable agissant sur un aimant fixé à l'équipage du bifilaire.

Les appareils que nous avons construits sur ce principe (*fig.* 1) comportent deux fils de constantan f de 5/100 mm, longs de $l = 20$ cm écartés de $b = 1$ cm

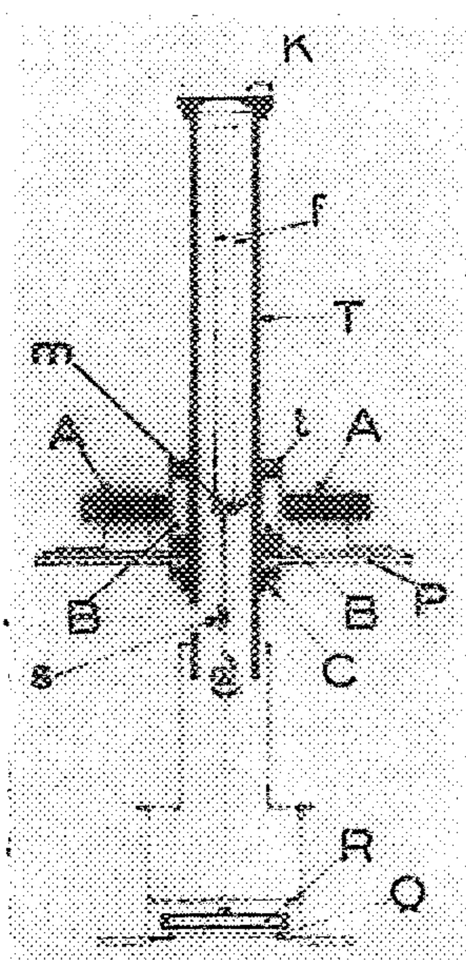


Fig. 1.

et pincés à leur extrémité supérieure dans une tête K qui peut tourner autour de l'axe d'un tube métallique vertical T, qui protège les fils. A leur extrémité les fils soutiennent une traverse t qui supporte un petit aimant m et se prolonge par une légère tige verticale sur laquelle est collé un miroir concave s de 1 m de rayon. La tige se termine par un étrier qui porte un pivot en matière dure sur lequel s'accroche par une pointe fine une tige qui supportera l'organe (plateau,

[1] F. Charron, *Publ. Scient. et Techn. du Ministère de l'Air*, n° 90, 1936.

réflecteur acoustique, réservoir, etc., R) soumis à la force verticale à mesurer. Au niveau de l'aimant le tube porte à l'extérieur une collerette dressée au tour, C, sur laquelle peut tourner un plateau circulaire gradué P. Sur ce plateau sont disposés, sur deux glissières radiales, deux barreaux d'Alnico, A, qui produisent un champ radial, perpendiculaire à l'axe du tube. On fait varier l'intensité H de ce champ en déplaçant les glissières. Deux bobines d'Helmholtz, B, d'axes parallèles au champ H, permettent accessoirement de créer un léger champ additif.

Dans ces conditions, si l'on fait tourner d'un angle θ_0 le champ H, le bifilaire tourne de θ défini par l'équation

$$\frac{\mathrm{P}b^2}{l}\sin\theta = \mathfrak{M}\mathrm{H}\sin(\theta_0 - \theta)$$

P étant la force verticale comptée vers le bas et $\mathfrak{M}$ le moment magnétique de l'aimant du bifilaire. Comme $0 \leqq \theta_0 < 180°$, cette équation n'a qu'une solution qui correspond à un équilibre stable. On peut agir sur la sensibilité

$$\sigma = \frac{d\theta}{d\mathrm{P}} = \frac{b^2}{l}\,\frac{\mathfrak{M}\mathrm{H}\sin\theta_0}{\left(\mathrm{P}\frac{b^2}{l} + \mathfrak{M}\mathrm{H}\cos\theta_0\right)^2 + \mathfrak{M}^2\mathrm{H}^2\sin^2\theta_0}$$

par deux manœuvres indépendantes :

a. En rapprochant les aimants extérieurs A de l'axe du tube.

b. En augmentant ensuite l'angle θ_0, le peson bifilaire se comporte comme une balance ordinaire dont la sensibilité peut être réglée, en cours d'expérience, de l'extérieur; le champ additif dû aux bobines d'Helmholtz peut servir de cavalier. L'avantage sur la balance à fléau est que l'équipage reste sensiblement au même niveau. Les fils, très peu tordus, travaillent à la flexion, d'où une fidélité remarquable.

Ce peson convient à la mesure des pressions de radiation ultrasonores. Au bifilaire sont suspendus, soit une sphère creuse, soit un disque creux soumis au rayonnement acoustique émis verticalement par un émetteur ultra-sonore dans une cuve contenant un liquide. Une pression de 1 barye donne une déviation de 220 mm sur une règle à 1 m. Ce dispositif convient pour les mesures en ondes progressives.

On constitue également un interféromètre acoustique simple utilisant les ondes stationnaires en suspendant le disque creux R parallèlement à un disque de quartz piézoélectrique horizontal Q formant le fond d'une petite cuvette contenant un liquide à étudier. C'est ce dispositif que représente la figure.

En faisant varier, à l'aide d'une vis micrométrique, la distance du quartz au disque réflecteur on détermine des maxima de pression extrêmement aigus qui permettent de calculer avec précision la longueur d'onde et la vitesse de propagation dans le liquide.

MAGNÉTISME — *Susceptibilités magnétiques du cristal de gallium et du gallium liquide.* Note de M. **André Marchand**, transmise par M. Paul Pascal.

Détermination des susceptibilités principales du cristal de gallium entre 80 et 290°K, et du gallium liquide à 40°C.

Dans le cadre d'une étude théorique et expérimentale des propriétés magnétiques des conducteurs et des semi-conducteurs ([1]), nous avons étudié le gallium, qui n'a jamais fait l'objet d'une étude complète ([2]), ([3]). Nous donnons ici les résultats expérimentaux, réservant à une publication ultérieure leur interprétation théorique.

Le gallium fond vers 30° C, et reste facilement en surfusion, ce qui permet d'obtenir aisément d'assez gros monocristaux. Ceux-ci appartiennent au système orthorhombique et se présentent généralement sous la forme de troncs de pyramides à base carrée, l'axe *c* étant l'axe de la pyramide, et les axes *a* et *b* étant les diagonales de la base (les paramètres *a* et *b* diffèrent de moins de 0,2 %).

Sur une série de monocristaux, de poids variant entre 1 et 8 dg, nous avons procédé aux mesures suivantes :

A. *Mesure directe des trois susceptibilités principales* χ_a, χ_b, χ_c. — On place un petit cristal sur une balance de Weiss et l'on oriente successivement ses trois axes principaux suivant le champ. La précision est assez faible, car il difficile de repérer exactement les directions des axes sur un petit cristal.

B. *Mesure des anisotropies* $\chi_a - \chi_b$ *et* $\chi_c - \chi_a$ *à la température ordinaire et à la température de l'azote liquide, par la méthode de Krishnan* ([4]). — Cette méthode permet d'évaluer à 1 % près le rapport de l'anisotropie mesurée à celle du cristal de dibenzyle prise comme valeur de référence. Le tableau donne nos résultats ([5]) comparés à ceux de Shœnberg ([3]).

C. *Détermination des courbes de variation relative, en fonction de la température, de* χ_a *et* χ_c. — On suspend le cristal parallèlement à son axe *b* ou à son axe *a* (de sorte que l'axe *a* ou *c* respectivement s'oriente spontanément dans la direction du champ magnétique) sur une balance, spécialement adaptée ([6]) a la mesure, à température variable, des susceptibilités (méthode de Faraday).

([1]) A. Marchand, *Comptes rendus*, **239**, 1954, p. 1609.

([2]) Owen, *Ann. der Physik*, **37**, 1912, p. 657.

([3]) D. Shœnberg, *Phil. Trans. Roy. Soc.* London, A **245**, 1952, p. 1.

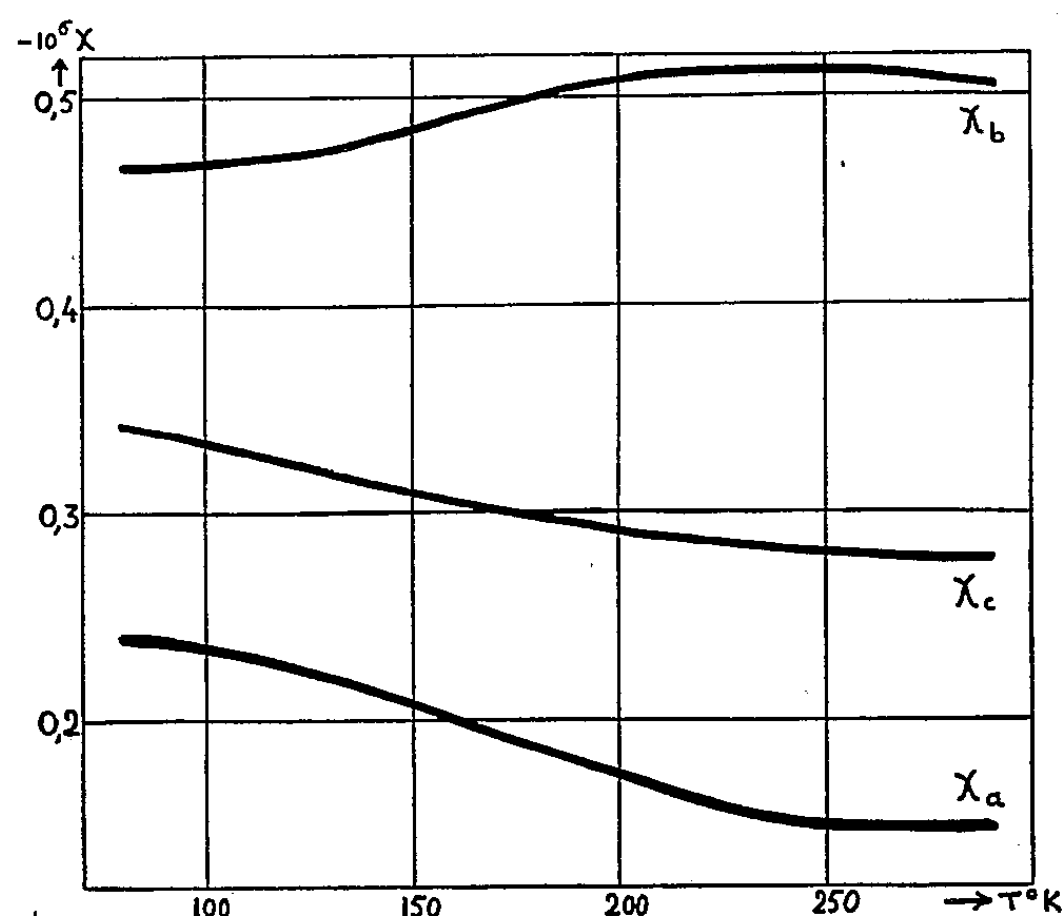
([4]) K. S. Krishnan et S. Banerjee, *Trans. Roy. Soc.* London, A **234**, 1935, p. 265.

([5]) Nos résultats ont été calculés en prenant la $\Delta\chi_D = 80,6.10^{-6}$ donnée pour l'anisotropie moléculaire du cristal de dibenzyle par K. Lonsdale. Toutefois des mesures récentes et non encore publiées de N. Lumbroso donnent la valeur légèrement différente $\Delta\chi_D = 83,4.10^{-6}$. On passe facilement des résultats calculés à partir de $\Delta\chi_D = 80,6.10^{-6}$ aux valeurs calculées à partir de $\Delta\chi_D = 83,4.10^{-6}$.

([6]) J. Hoarau, *Thèse*, 1954.

D. *Mesure du rapport χ_b/χ_a et détermination de la courbe de variation de χ_b avec la température.* — On colle l'un contre l'autre deux cristaux, 1 et 2, de masses m_1 et m_2 ($m_1 > m_2$), leurs axes c coïncidant, et l'axe b_1 du cristal 1 coïncidant avec l'axe a_2 du cristal 2 (et réciproquement). L'ensemble est placé sur la balance précédemment utilisée, et s'oriente spontanément dans le champ magnétique de façon à ce que les axes a_1 et b_2 soient parallèles au champ. Connaissant par une mesure préalable la force qui s'exerce sur le cristal 1 seul, on déduit, de la mesure sur l'ensemble, la force s'exerçant sur le cristal 2; d'où la susceptibilité χ_b et sa variation en fonction de la température, ainsi que le rapport χ_b/χ_a.

E. *Mesure de la susceptibilité spécifique moyenne* $\bar{\chi}$ à température ordinaire sur du gallium pulvérisé. Cette mesure conduit à une valeur mal définie et peu reproductible de $\bar{\chi}$, comprise entre $-0,26.10^{-6}$ et $-0,28.10^{-6}$, qui est de plus en assez mauvais accord avec les valeurs de χ_a, χ_b et χ_c déterminées à partir des mesures précédentes. Les altérations structurales liées à la pulvérisation du cristal peuvent être cause de cette modification de la susceptibilité, comme il a été montré pour d'autres métaux.



Nous avons également mesuré la susceptibilité du gallium liquide à 40° C et obtenu $\chi_{Liq} = (+0,036 \pm 0,006).10^{-6}$. Le gallium liquide est donc très légèrement paramagnétique à 40° C.

Résultats. — Les mesures B et D permettent de déterminer avec précision les susceptibilités χ_a, χ_b, χ_c. Le tableau indique les valeurs de χ_a, χ_b et χ_c à 80° K et 290° K ([5]), ainsi que les valeurs de $\bar{\chi}$ que l'on calcule par la formule $\bar{\chi} = (1/3)(\chi_a + \chi_b + \chi_c)$. Ces valeurs sont en bon accord avec les résultats des

mesures A et C. La figure représente les courbes de variation de χ_a, χ_b et χ_c en fonction de la température.

$10^6\chi$.	80° K.	290° K.	Résultats de Shœnberg (3). 80° K.	Résultats de Shœnberg (3). 290° K.
$10^6(\chi_b-\chi_a)$...	0,227 ± 0,0005	0,356 ± 0,003	0,211 à 0,217	0,34 à 0,35
$10^6(\chi_c-\chi_a)$...	0,1035 ± 0,001	0,128 ± 0,0005	0,099	0,125
$-10^6\chi_a$.........	0,240 ± 0,008	0,150 ± 0,005	–	–
$-10^6\chi_b$.........	0,467 ± 0,007	0,506 ± 0,008	–	–
$-10^6\chi_c$.........	0,343 ± 0,007	0,278 ± 0,006	–	–
$-10^6\overline{\chi}$..........	0,350	0,311		

MAGNÉTISME. — *Évolution à basse température du champ coercitif du nickel divisé.* Note (*) de M. **Louis Weil**, transmise par M. Louis Néel.

Le champ coercitif des poudres de nickel obtenues par réduction est, comme on sait [*voir* par exemple (1)] commandé par les rotations de l'aimantation des grains et donc donné par une formule en K/J, où K est la constante d'anisotropie et J l'aimantation, dans toute la mesure où les grains constituent des domaines élémentaires. S'ils sont trop gros, ils contiennent des parois et il faut tenir compte de celles-ci (2). Quand la température varie, K varie considérablement et la répartition des parois ou la disposition des germes qui leur donnent naissance se modifie. On conçoit par analogie avec ce qui a été dit sur le traînage (3) que ces modifications ne sont pas instantanées.

Nous avons effectivement trouvé que, lorsqu'on refroidit un échantillon de poudre de nickel obtenu par réduction de formiate dans l'hydrogène, à des températures inférieures à l'ambiante, puis qu'on mesure à plusieurs reprises le champ coercitif, en resaturant, évidemment, pour chaque mesure, on obtient des valeurs décroissantes, pouvant être de 1/3 inférieures à la valeur initiale quand on opère dans la neige carbonique, mais de quelques pour-cent seulement à 77° K et de quelques millièmes seulement à 20° K.

Nous avons étudié, dans ce qui suit, l'influence d'un champ magnétique extérieur appliqué pendant tout ou partie de l'intervalle entre les mesures, et d'autre part, l'influence de l'histoire thermique.

Les figures 1 et 2 montrent que, refroidis sous champ ou à l'état désaimanté, placés dans un champ saturant ou dans un champ inverse dans l'intervalle des mesures, les échantillons présentent une évolution tout à

(*) Séance du 25 juillet 1955.

(1) L. Weil, *J. Phys. Rad.*, 12, 1951, p. 437.

(2) L. Néel, *Advances in Physics*, 4, 1955, p. 191.

(3) L. Néel, *J. Phys. Rad.*, 12, 1951, p. 339.

fait similaire. Une expérience complémentaire nous a permis d'éliminer définitivement l'influence de l'état d'aimantation entre les mesures ou au cours du refroidissement. Nous avons préparé un échantillon de nickel en veillant soigneusement à le tenir à l'abri de tout champ magnétique important et l'avons séparé en deux parties. L'une a été immergée dans la neige carbonique pendant 7 h avant toute mesure : $H_c = 146$ Oe au bout de ce temps. L'autre a été mesurée immédiatement après immersion, maintenue entre les mesures sous un champ de 1000 Oe et nous avons vu son champ coercitif passer de 195 à 149 au bout de 2 h, à 147 au bout de 4 h, etc., bref, prendre, au bout d'un temps comparable, le même champ coercitif que l'échantillon vierge. Nos saturations ont été faites à 2100 Oe : M. Pauthenet a vérifié que les phénomènes sont semblables si l'on sature à 20 000 Oe.

Si le champ magnétique est sans influence, l'histoire thermique des échantillons joue par contre un rôle considérable. Les figures 3 et 4 sont

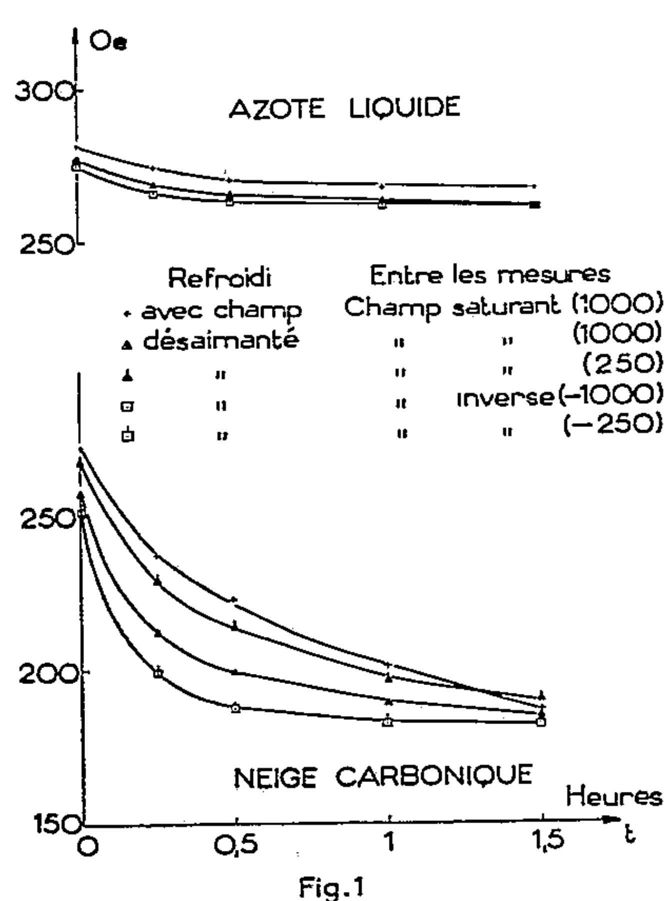


Fig. 1

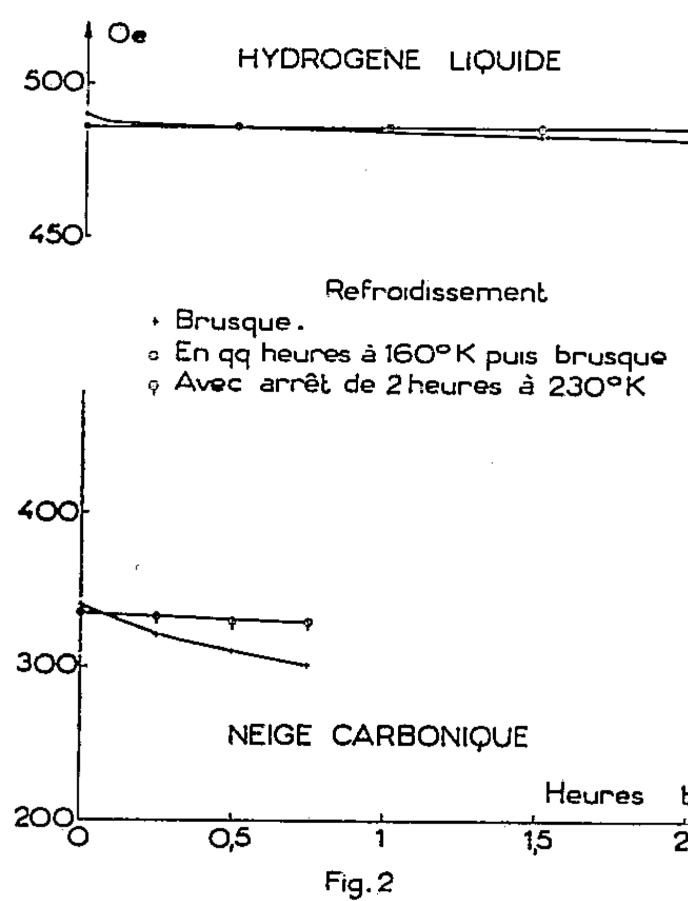


Fig. 2

relatives à diverses lois de refroidissement pour aller à 194 et à 20° K. Tel autre échantillon, refroidi en une demi-journée à 194° K, puis trempé dans l'azote liquide a passé de 445 à 427 en 1 h pour atteindre 410 au bout de 70 jours alors que la première mesure, dans un refroidissement brusque, donnait déjà 407 et qu'on avait 395 au bout de 1 h.

Même au bout de plusieurs mois, les champs coercitifs continuent de varier : il n'est donc pas possible de décider si la loi de refroidissement agit sur la valeur ou uniquement sur la vitesse de variation du champ coercitif.

Signalons d'ailleurs que la transformation subie à basse température

persiste au réchauffage. Tel échantillon qui, dans un refroidissement simple à la neige carbonique, passe de 251 à 165 en 8 jours, peut, après un séjour à 77° K de 8 jours avoir à l'immersion dans la neige carbonique un champ coercitif de 176 Oe qui tombe à 153,5 au bout d'un jour.

Enfin, au retour à l'ambiante, un abaissement de quelques pour-cent du champ coercitif persiste après un cycle à basse température : il devient de l'ordre des erreurs de mesure au bout de temps de l'ordre de la journée.

Notons que l'évolution signalée est distincte du traînage qu'on observerait sans resaturer. Ce traînage est important pour les échantillons étudiés. On peut, en mesurant l'évolution de l'aimantation dans un champ voisin du champ coercitif et admettant une perméabilité constante, le traduire en variation de H_c. En 30 mn on trouve ainsi pour un échantillon à 194° K que H_c passe de 303 à 276 par traînage mais de 303 à 283 par évolution; à 77° K, H_c passe respectivement de 437 à 419,5 et 429,5.

Enfin, signalons que les phénomènes d'évolution ont été observés pour des nickels obtenus à 320° C et qui, à l'ambiante, ont des H_c de l'ordre de 180, aussi bien que pour des nickels obtenus à 600° C avec 42 Oe à l'ambiante, ainsi que sur une poudre industrielle. L'évolution est par contre, à peine perceptible sur un nickel ex-carbonyle (H_c amb. = 40 Oe) et sur un nickel de Raney.

M. Bertaut a vérifié qu'aucun changement de structure n'était visible aux rayons X. Nous nous sommes assuré que l'élimination d'hydrogène obtenue après traitement sous vide de la poudre, ou une légère oxydation, restait sans influence sensible sur l'évolution.

Nous montrerons dans une prochaine publication que le phénomène d'évolution est commun à un très grand nombre de ferromagnétiques divisés.

RÉSONANCE MAGNÉTIQUE. — *Observation de battements en résonance magnétique électronique*. Note (*) de MM. **Roland Beeler, Dominique Roux, Georges Béné** et **Richard Extermann**, transmise par M. Jean Cabannes.

Les dispositifs classiques de résonance magnétique comportent en général deux champs magnétiques orthogonaux, le premier constant H_0 fixe la fréquence de Larmor ω_0 des dipôles magnétiques étudiés, l'autre alternatif ou tournant H_1 à une fréquence ω permet d'induire lorsque $\omega = \omega_0$ des transitions entre les niveaux magnétiques dont la dégénérescence a été levée par le champ H_0.

Pratiquement, l'observation se fait en traversant la résonance (par variation de ω ou de H_0) à une vitesse plus ou moins grande. Le passage rapide en résonance magnétique nucléaire a conduit à l'observation de « battements » qui

(*) Séance du 18 juillet 1955.

ont été interprétés par B. Jacobsohn et R. Wangsness [1] à partir des équations de F. Bloch [2]. Le passage rapide n'a encore jamais été observé en résonance magnétique électronique. Il suffit en principe de reproduire les conditions caractéristiques de passage rapide [3], définies par le paramètre p de Jacobsohn et Wangsness que l'on peut écrire (à un facteur numérique de l'ordre de l'unité près, dépendant de la forme de la courbe de résonance).

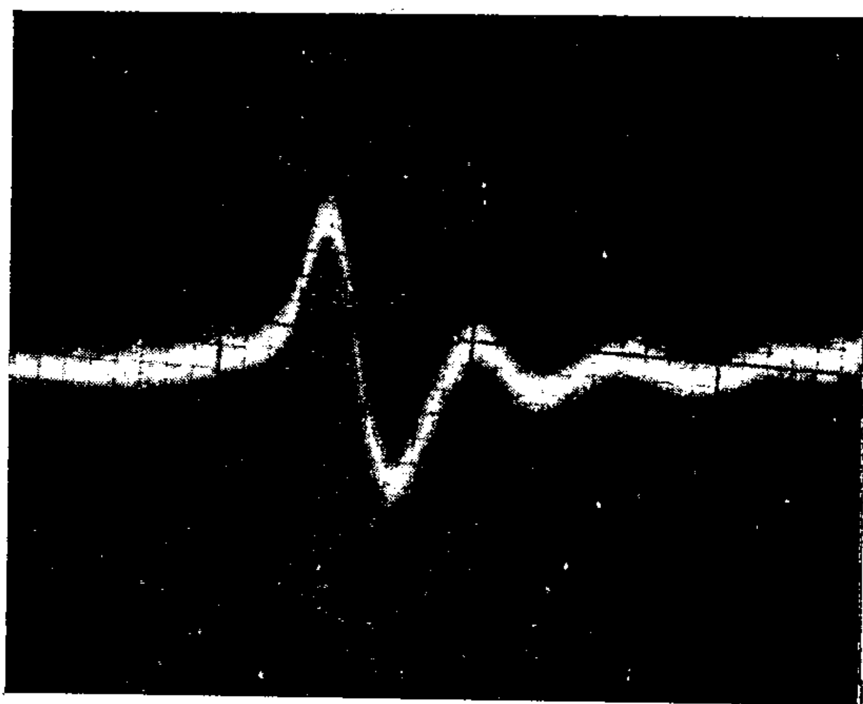
$$p=\left(\frac{1}{\Delta H}\right)\left(\frac{\left(\frac{\partial H_0}{\partial t}\right)_r}{\gamma}\right)^{\frac{1}{2}},$$

dans lequel

ΔH, largeur de la courbe de résonance;

$(\partial H_0/\partial t)_r$, vitesse de passage à la résonance si l'on balaye le champ magnétique;

γ, rapport gyromagnétique des dipôles étudiés.



Le rapport gyromagnétique de l'électron est environ 660 fois plus grand que celui du proton. Pour retrouver la même valeur de p, il est nécessaire de traverser la résonance beaucoup plus vite ou d'utiliser un échantillon ayant une raie beaucoup plus fine que pour la résonance nucléaire conduisant à la même figure de résonance.

Les résonances électroniques extrêmement fines que l'on peut obtenir dans des solutions de métaux alcalins tels que le sodium dans l'ammoniac liquide à la température ordinaire (environ 25 mgauss) [4] conduisent aux conditions de passage rapide, comme un calcul très élémentaire le montre, pour une vitesse de passage de 15 000 gauss/s.

---

(1) *Phys. Rev.*, 73, 1948, p. 942.
(2) *Phys. Rev.*, 70, 1946, p. 460.
(3) G. Béné et R. Extermann, *Archives des Sciences* (Genève), 4, 1951, p. 436.
(4) C. Hutchison et R. Pastor, *J. Chem. Phys.*, 21, 1953, p. 1959

La résonance reproduite sur le cliché a été obtenue à la fréquence de 23 Mc. Le champ constant correspondant étant de 8,2 gauss, nous avons utilisé un champ à air de grande homogénéité.

Pour atteindre la vitesse de passage indiquée, le balayage était réalisé à la fréquence de 2 kc avec une amplitude de 1,1 gauss.

L'appareil de résonance lui-même était un dispositif dérivé du circuit à transitron de Knoebel et Han ([5]).

M. Schmelzer et ses collaborateurs du Groupe de Synchrotron à Protons (Centre européen de Recherches nucléaires) ont mis à la disposition des auteurs les solutions de Na dans NH_3.

SPECTROSCOPIE HERTZIENNE. — *Alignement dans la vapeur de sodium.* Note (*) de MM. **Jean Margerie, Jean Brossel** et **Alfred Kastler**, transmise par M. Jean Cabannes.

L'illumination de la vapeur de sodium par les raies D_1, D_2, polarisées circulairement, provoque l'orientation des atomes. Les résonances magnétiques entre sous-niveaux Zeeman de l'état fondamental ont été observées; elles permettent de repérer le degré d'orientation ([1]). Si l'on remplace la lumière circulaire par de la lumière naturelle se propageant dans la direction du champ magnétique H_0, la concentration des atomes, au lieu de se produire vers les états m positifs ou vers les états m négatifs, s'effectue simultanément vers les états où $|m|$ est la plus élevée (alignement). La méthode peut comporter des avantages : elle permet d'utiliser des intensités lumineuses plus fortes et il n'est pas nécessaire d'avoir à sa disposition d'équipement de polarisation.

Nous avons produit l'alignement de la vapeur de sodium par le procédé précédent. Nous l'avons détecté par observation des résonances magnétiques, le dispositif expérimental étant celui décrit par Barrat et al. ([1]).

Les caractéristiques suivantes ont été observées :

L'effet est beaucoup plus faible que l'orientation dans les mêmes conditions d'excitation. A la limite, en effet, l'alignement n'est pas complet, (à l'opposé de l'orientation qui peut être théoriquement totale dans les états $m = +2$ ou $m = -2$). En outre les processus provoqués par les raies D_1 et D_2 se contrarient.

La grandeur de l'alignement obtenu dépend de façon critique de la valeur du champ H_0; il est très faible pour $H_0 > 40$ gauss [d'où l'échec des tentatives précédentes ([1]), ([2])] et croît rapidement au-dessous de 30 gauss ([3]).

([5]) *Rev. Sc. Instr.*, 22, 1951, p. 904.

(*) Séance du 11 juillet 1955.

([1]) J.-P. Barrat, J. Brossel et A. Kastler, *Comptes rendus*, 239, 1954, p. 1196.

([2]) B. Cagnac, J. Brossel et A. Kastler, *Comptes rendus*, 237, 1953, p. 984.

([3]) W. B. Hawkins, *Phys. Rev.*, 98, 1955, p. 478.

Le rapport des intensités de 2 résonances données varie beaucoup avec H_0.

La caractéristique la plus frappante de « l'alignement » obtenu par pompage optique, est son caractère dyssymétrique ; il n'y a *pas* enrichissement *symétrique* des niveaux extrêmes, la résonance $m \rightarrow m'$ pouvant être très différente de la résonance $-m \rightarrow -m'$.

Ces faits s'expliquent qualitativement très bien si l'on tient compte de la variation des probabilités de transition optique avec H_0, variation provoquée par le découplage des vecteurs I, J. Ce découplage est peu important dans l'état fondamental et dans le niveau $P_{1/2}$ pour les champs inférieurs à 40 gauss. On a donc pris pour D_1 les probabilités de transition en champ faible et pour D_2 (qui est l'agent essentiel d'alignement) on a calculé les probabilités de transition en tenant compte du découplage dans le niveau $P_{3/2}$, pour des valeurs de H_0 de 0, 15, 23, 30, 33 et 46 gauss. On a supposé que les conditions étaient celles de l'excitation des raies larges et l'on a pris le rapport des intensités $D_1 : D_2$ dans la source égal à 1/2.

L'alignement que nous avons observé étant faible, le nombre d'atomes ayant absorbé deux photons en cascade est faible par rapport à celui des atomes qui n'en ont absorbé qu'un seul. L'observation des résonances porte donc essentiellement, dans ce cas, sur des atomes qui ont subi une fois une absorption suivie d'une réémission.

Nous avons donc calculé, avec les hypothèses définies plus haut, (pour les valeurs précédentes de H_0), quelle serait la répartition de population dans l'état fondamental si chaque atome absorbait (et réémettait) un photon.

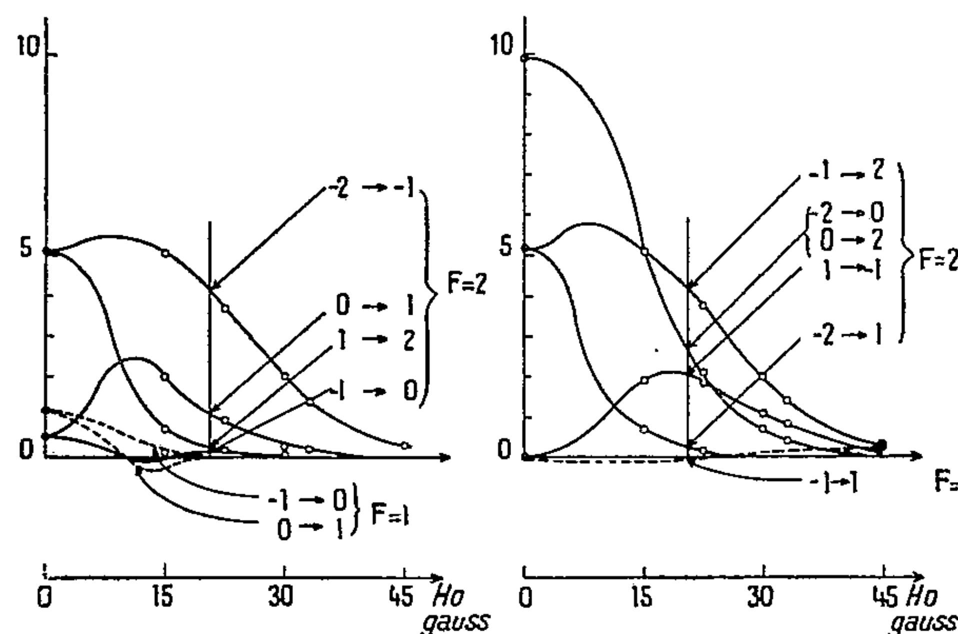


Fig. 1.

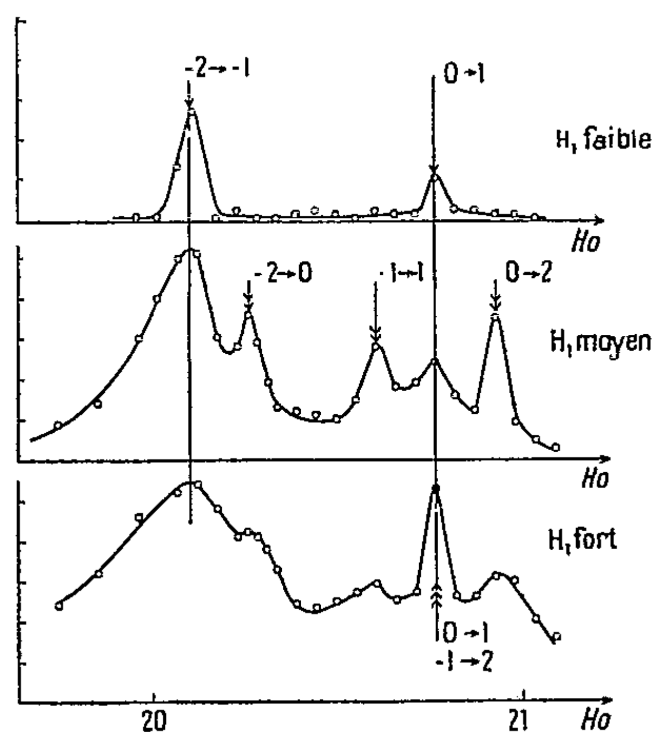


Fig. 2.

L'état de polarisation de la lumière réémise à la suite de l'absorption d'un deuxième photon (photon de détection) a été alors obtenu en l'absence, et en présence d'un champ de radiofréquence H_1 induisant la transition $m \rightarrow m'$ (l'intensité de H_1 est supposée suffisante pour égaliser les populations $m \rightarrow m'$).

L'intensité de chacune des résonances s'en déduit. Le résultat du calcul est résumé dans la figure 1 [en abscisses H_0, en ordonnées, l'intensité des résonances des divers types (simples en I_a, multiples en I_b)]. On reconnaît sur ce graphique les caractéristiques précédemment décrites.

Toutes les résonances sont très faibles au-dessus de 40 gauss. Le rapport des intensités des raies $(-1) \rightarrow (+2)$ et $0 \rightarrow 2$ passe de 1 à 3 lorsque H_0 passe de 15 à 30 gauss. La raie $-2 \rightarrow -1$ est cinq fois plus grande que la raie $1 \rightarrow 2$.

La figure 2 montre quelques-unes des résonances obtenues à 20 gauss (trait vertical sur la figure 2) soit 14,47 MHz.

Pour H_1 faible seules les résonances $-2 \rightarrow -1$ et $0 \rightarrow 1$ apparaissent puis, pour H_1 croissant $-2 \rightarrow 0$, $0 \rightarrow 2$, $-1 \rightarrow 1$ apparaissent dans cet ordre et enfin $-1 \rightarrow +2$. Nous n'avons pas pu déceler $-2 \rightarrow +1$, ni la résonance quadruple. C'est là exactement ce que permet de prévoir la figure 1.

A 7,7 MHz, nous avons trouvé que l'intensité de toutes les résonances augmente ($1 \rightarrow 2$ apparaît) sauf celle de $1 \rightarrow -1$ qui diminue. L'accord qualitatif avec le calcul précédent est donc très bon.

ÉLECTRONIQUE INDUSTRIELLE. — *Sur l'emploi de thyratrons dans le réglage direct de la vitesse de moteurs asynchrones d'induction.* Note (*) de MM. **Max Teissie-Solier**, **César Curie** et **Jacques Roux**, transmise par M. Charles Camichel.

Les auteurs présentent un dispositif de réglage de la vitesse des moteurs asynchrones d'induction, équipé à l'aide de redresseurs à gaz et de thyratrons ([1]) et exposent les résultats qu'ils ont obtenus sur un modèle étudié au laboratoire.

Dans une Note précédente l'un de nous a rappelé le principe du réglage de la vitesse des moteurs asynchrones d'induction et proposé diverses solutions utilisant des redresseurs secs et des machines tournantes de récupération.

Afin d'augmenter le rendement d'ensemble et de supprimer ces machines auxiliaires dont l'une au moins comporte un collecteur, nous avons songé à remplacer : d'une part, les redresseurs secs par un redresseur polyphasé constitué par des redresseurs à gaz; d'autre part, les machines tournantes de récupération par un convertisseur constitué par des thyratrons.

Ce convertisseur est relié, par l'intermédiaire d'un transformateur de rapport convenable, au réseau à courants alternatifs alimentant le primaire

---

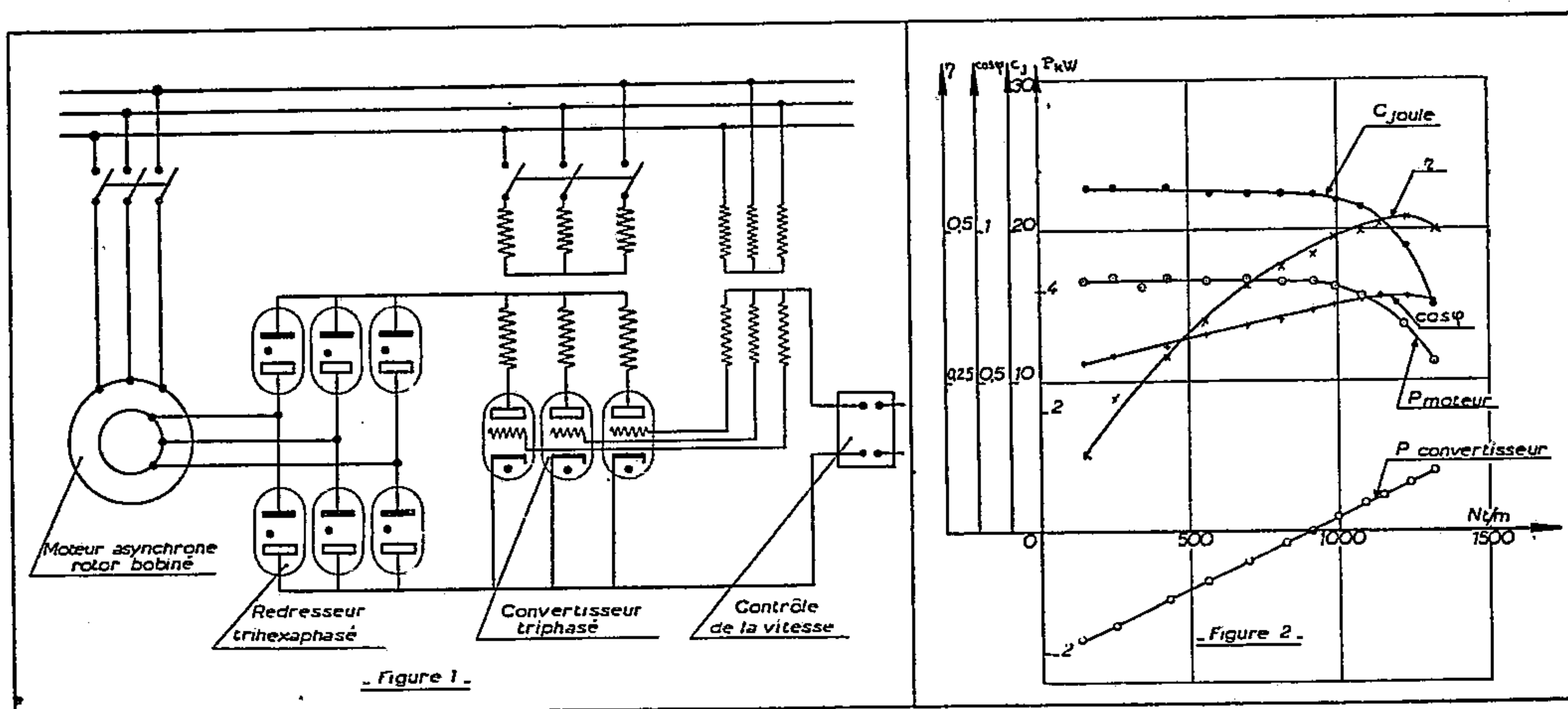
(*) Séance du 25 juillet 1955.

([1]) M. Teissie-Solier et C. Curie, *Dispositif électronique de contrôle de vitesse et récupération d'énergie pour moteurs asynchrones d'induction.* Brevet d'invention, demande n° 4003.

du moteur asynchrone M et restitue à ce réseau la puissance de glissement libérée par le secondaire lors des variations de vitesse.

Dans ces conditions, cette puissance de glissement, disponible aux bornes du secondaire de M, sous tension variable, de fréquence également variable est renvoyée au réseau d'alimentation sous tension constante, de fréquence également constante.

Un montage de principe du dispositif proposé est donné figure 1. La variation de vitesse est obtenue par simple action sur le contrôle de la tension de polarisation des grilles des thyratrons équipant le convertisseur. Par suite, le réglage est essentiellement simple et particulièrement



- Figure 1 -

- Figure 2 -

souple, puisque obtenu à l'aide d'un seul potentiomètre agissant sur un circuit de puissance réduite.

A condition de prévoir convenablement les dimensions du moteur M, la variation peut sans difficulté s'étendre de l'arrêt à la vitesse nominale. La récupération peut être effectuée soit en monophasé (cas des faibles puissances), soit en triphasé (cas des puissances moyennes et importantes). Pour les grandes puissances, l'équipement peut être réalisé à l'aide de mutateurs à vapeur de mercure ou d'ignitrons.

Le modèle étudié au laboratoire comprend un moteur asynchrone d'induction à bagues d'une puissance nominale de 2,6 kW à la vitesse de 1440 t/mn. Ses dimensions permettent une marche à vitesse variable : en régime permanent, de 300 à 1440 t/mn et en régime unihoraire de 0 à 300 t/mn.

Les courbes données figure 2 montrent dans les conditions de l'équipement réalisé et pour une marche à courant redressé constant, les variations présentées en fonction de la vitesse par :

a. la puissance absorbée par le primaire du moteur;

b. la puissance traversant le convertisseur;

c. le couple utile sur l'arbre;

d. le rendement global de l'équipement;

e. le facteur de puissance de cet équipement.

Le dispositif proposé et étudié présente les principaux avantages suivants : réglage souple, dans de très larges limites, de la vitesse d'un moteur asynchrone d'induction alimenté directement à partir d'un réseau à courants alternatifs, suppression dans le montage d'ensemble de tout collecteur dynamique et des inconvénients inhérents à la commutation, enfin rendement et facteur de puissance satisfaisants.

LAMES MINCES. — *Étude spectrophotométrique de lames minces transparentes en incidence oblique.* Note (*) de M. **Paul Bousquet**, transmise par M. Jean Cabannes.

Nous avons montré récemment ([1]) que l'étude spectrophotométrique de lames minces transparentes (cryolithe), au voisinage de l'incidence brewstérienne i_B sur la surface air-lame, conduisait à des résultats qui ne s'accordaient pas avec l'hypothèse que l'on a affaire à une lame homogène. Nous avons été amené à émettre l'idée qu'on pouvait expliquer les résultats observés en admettant la présence d'une couche superficielle d'indice différent sur l'intersurface air-cryolithe.

Nous avons complété ces résultats en faisant l'étude spectrophométrique de lames minces de cryolithe et de fluorure de calcium, sous des incidences variant régulièrement de 0° à 70° environ. Pour chacun des angles d'incidence utilisés, nous avons tracé les courbes donnant les facteurs de réflexion $R_{\perp}$ et $R_{\parallel}$ de la lame en fonction de la longueur d'onde ($R_{\perp}$ et $R_{\parallel}$ concernant respectivement le cas où la vibration lumineuse est perpendiculaire et parallèle au plan d'incidence).

Dans l'hypothèse d'une simple lame homogène et isotrope, les positions dans le spectre des maxima ou minima du facteur de réflexion devraient coïncider pour les deux directions de vibration. En effet, le chemin optique dans la lame $n_1 d_1 \cos i_1$ est alors le même quelle que soit la direction de polarisation de la lumière (n_1 désigne l'indice de la lame, d_1 son épaisseur et i_1 l'angle de réfraction dans la lame).

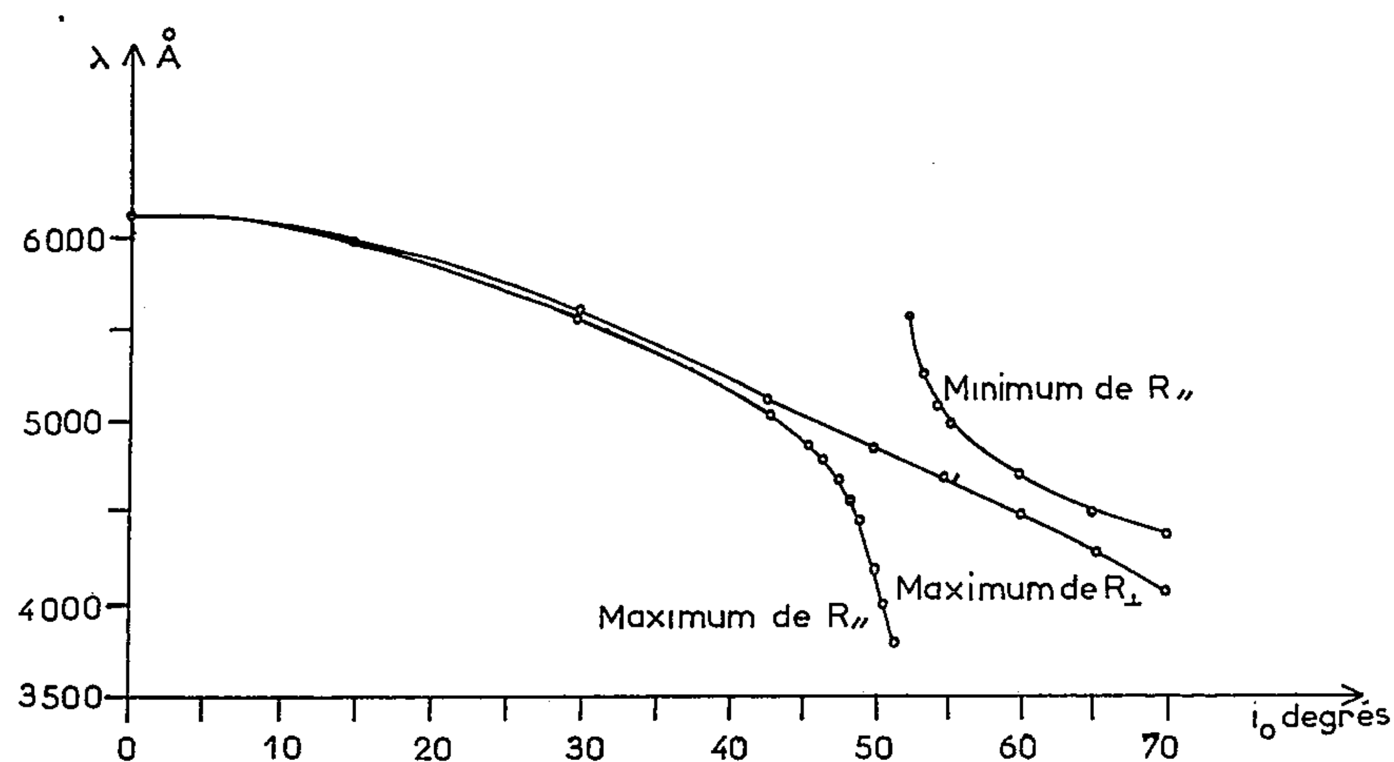
L'expérience montre que les maxima ou minima de $R_{\perp}$ et de $R_{\parallel}$ ne se produisent en réalité jamais pour les mêmes longueurs d'onde. La figure ci-contre, relative à une lame de fluorure de calcium, illustre les résultats obtenus. Elle montre que, pour la composante perpendiculaire, la position dans le spectre d'un maximum de $R_{\perp}$ se déplace progressivement vers les courtes longueurs

(*) Séance du 25 juillet 1955.

([1]) *Comptes rendus*, 240, 1955, p. 2502.

d'onde à mesure que l'angle d'incidence i_0 dans l'air croît; ceci est normal car alors $n_1\, d_1 \cos i_1$ diminue. Le maximum correspondant de $R_{\parallel}$ est confondu avec celui de R_T pour les faibles incidences, puis s'en écarte progressivement à mesure que i_0 augmente et le maximum de $R_{\parallel}$ a lieu pour des longueurs d'onde plus courtes que le maximum de $R_{\perp}$.

Lorsqu'on dépasse 45°, le maximum de $R_{\parallel}$ se déplace rapidement vers les courtes longueurs d'onde, en s'écartant de plus en plus du maximum de $R_{\perp}$; en même temps, le minimum de $R_{\parallel}$ le plus voisin, du côté des grandes longueurs d'onde, en se déplaçant lui aussi vers les courtes longueurs d'onde se rapproche rapidement du maximum de $R_{\perp}$. Ce phénomène est celui que nous avons déjà signalé pour la cryolithe (1) au passage par l'incidence



brewstérienne i_B. Il se produit donc de façon analogue pour le fluorure de calcium ; il faut cependant noter que le déplacement des maxima et minima en fonction de i_0 est ici bien moins rapide que pour la cryolithe ; peut-être ceci est-il le signe de l'existence d'une couche superficielle plus épaisse ?

Au-delà de 55°, et jusque vers 70°, il subsiste entre le maximum de $R_{\perp}$ et le minimum de $R_{\parallel}$ un écart de l'ordre de 250 à 300 Å.

Dans l'intervalle angulaire étudié, de 0° à 70°, il n'y a donc jamais coïncidence entre les positions dans le spectre des maxima ou minima de $R_{\perp}$ et ceux correspondants de $R_{\parallel}$. Ces écarts en longueurs d'onde $\Delta\lambda$ traduisent le fait que le chemin optique dans la lame, $n_1\, d_1 \cos i_1$, est différent pour les deux directions de vibration. Une simple différence d'indice, c'est-à-dire une anisotropie de la lame, est insuffisante pour expliquer ce phénomène, et en particulier le fait que l'écart $\Delta\lambda$ est de sens contraire suivant qu'on considère des angles d'incidence inférieurs ou supérieurs à i_B. Il est par contre possible que l'hypothèse de l'existence d'une couche superficielle à l'interface air-lame, qu'on a déjà émise pour expliquer les phénomènes au voisinage de l'incidence

brewstérienne, et peut-être d'une autre couche de transition à l'interface lame-support, permette d'expliquer l'ensemble des faits expérimentaux que nous venons de résumer.

RAYONS X. — *Chambre de diffraction de rayons* X *pour étude des liquides aux températures élevées.* Note (*) de M. **Jerzy (Georges) Zarzycki**, présentée par M. Pierre Chevenard.

La chambre de diffraction décrite dans la présente Note permet l'étude des échantillons à *l'état liquide*, à des températures allant jusqu'à 1600° C.

A. *Résistance porte-échantillon.* — L'échantillon est essentiellement constitué par une mince pellicule liquide maintenue par les forces de capillarité dans la fente d'une lame métallique horizontale. Celle-ci est en alliage Pt-Rh à 20 % Rh; alimentée en courant basse tension, elle sert simultanément de porte-échantillon et de résistance de chauffage.

La température de l'échantillon est déterminée par calibrage avec des substances à points de fusion connus (sels fondus).

B. *Chambre de diffraction.* — La chambre de diffraction est du type à focalisation; elle travaille avec un monochromateur à quartz courbe dans un montage *par transmission* sous incidence normale.

(Le pinceau de rayons X sortant du monochromateur traverse verticalement l'échantillon liquide, ce montage exige donc un tube de rayons X placé spécialement sous un angle convenable.)

La chambre comporte une partie centrale formant écran d'eau sur lequel coulisse la cassette porte-film munie de repères pour des poses successives sur un même film.

Un système de réglage assure le déplacement de la résistance porte-échantillon relativement à la chambre. Un repérage par visée optique permet d'amener l'échantillon à être constamment tangent à la génératrice du cylindre matérialisé par le film.

C. *Compteur Geiger-Müller.* — Un compteur de Geiger-Müller est placé sur le trajet du faisceau directement transmis, derrière le collimateur de sortie de la chambre.

Ce compteur, relié à un système intégrateur-enregistreur permet à la fois :

a. d'évaluer le coefficient de transmission global sous incidence normale de l'échantillon liquide dans les conditions mêmes de l'expérience. Ceci

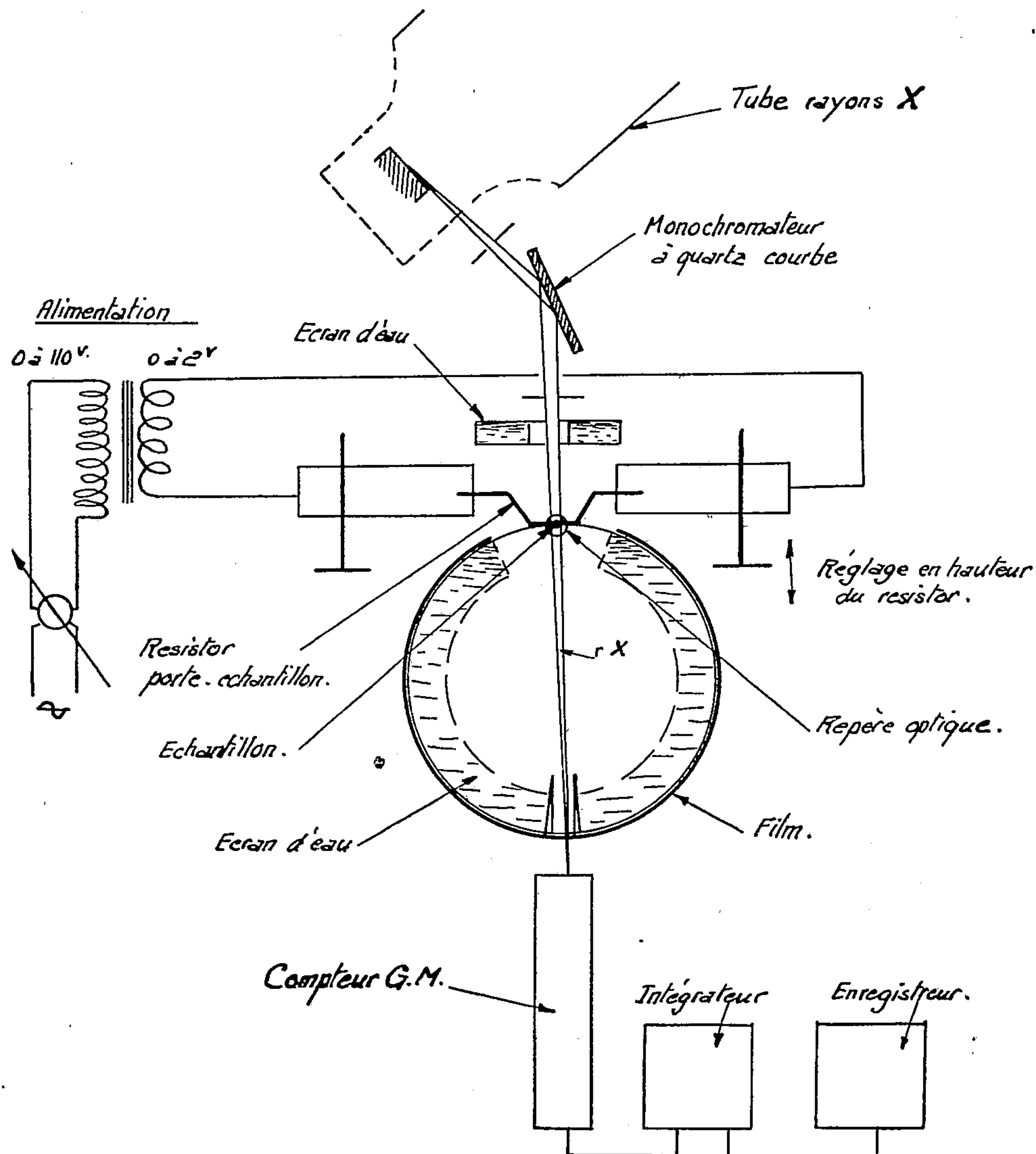
---

(*) Séance du 25 juillet 1955.

fournit des données pour le calcul de la *correction d'absorption* dans l'échantillon.

b. de comparer les « doses » reçues par le film lors des différentes poses.

En particulier, en prenant successivement une pose normale et une pose « à blanc », sans échantillon, la connaissance des doses correspondantes



Chambre de diffraction de rayons X pour études des liquides aux températures élevées.

ainsi que du coefficient d'absorption permet d'effectuer la *correction de diffusion due à l'air* autour du faisceau central.

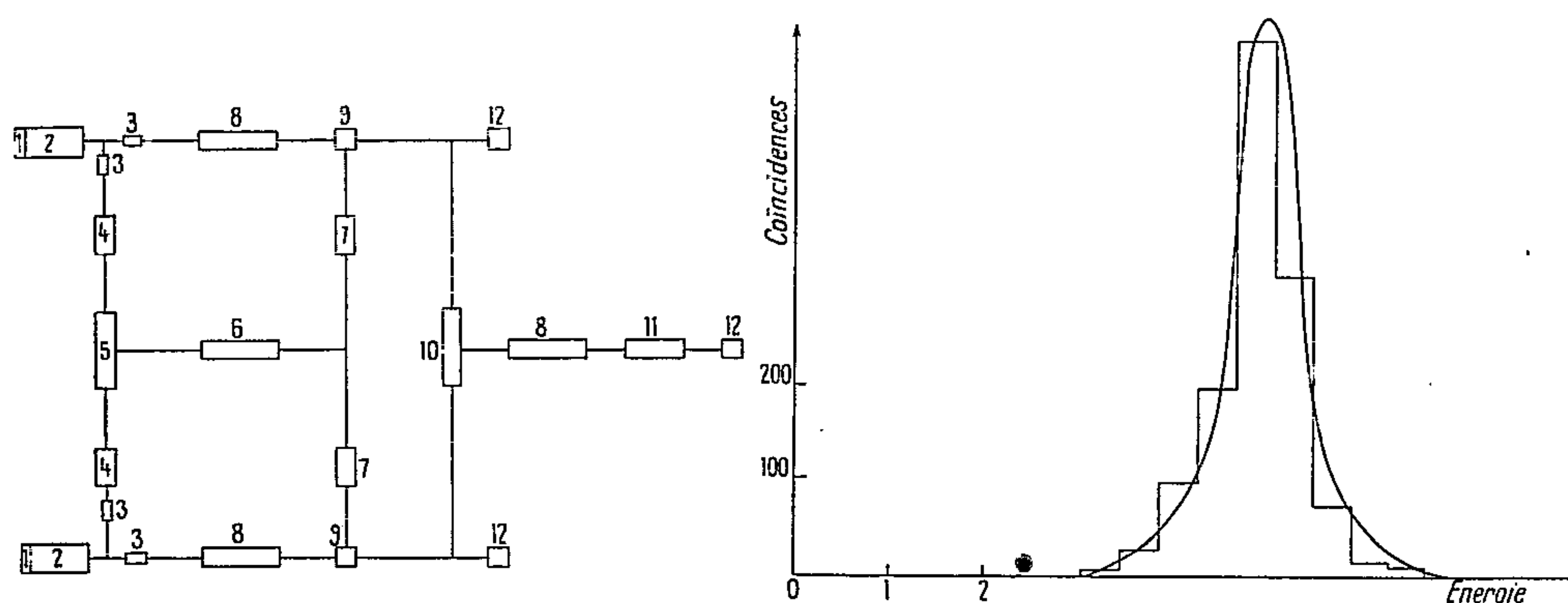
Ce montage est actuellement utilisé, dans un laboratoire consacré à des recherches sur le Verre, pour l'étude systématique des formateurs de réseau vitreux aux très hautes températures.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Sur un dispositif de sommation électronique sur deux canaux permettant la détection de paires dans un fond de particules parasites. Application à la raie monopolaire de l'oxygène* 16. Note (*) de MM. **Serge Gorodetzky, Raymond Armbruster, Pierre Chevallier, André Gallmann** et **Robert Manquenouille**, présentée par M. Louis de Broglie.

Dans une Publication précédente ([1]) nous avions indiqué avoir en préparation des expériences dans lesquelles en plus de la corrélation angulaire des électrons de paires se trouve mesurée pour chaque événement l'énergie totale de la paire (par addition des énergies des électrons positifs et négatifs).

Ce dispositif permet de vérifier pour la paire si elle est bien attribuable à un rayonnement γ déterminé. Nous avons maintenant réalisé ce dispositif dont le fonctionnement donne toute satisfaction.

Le schéma de principe est donné à la figure 1.



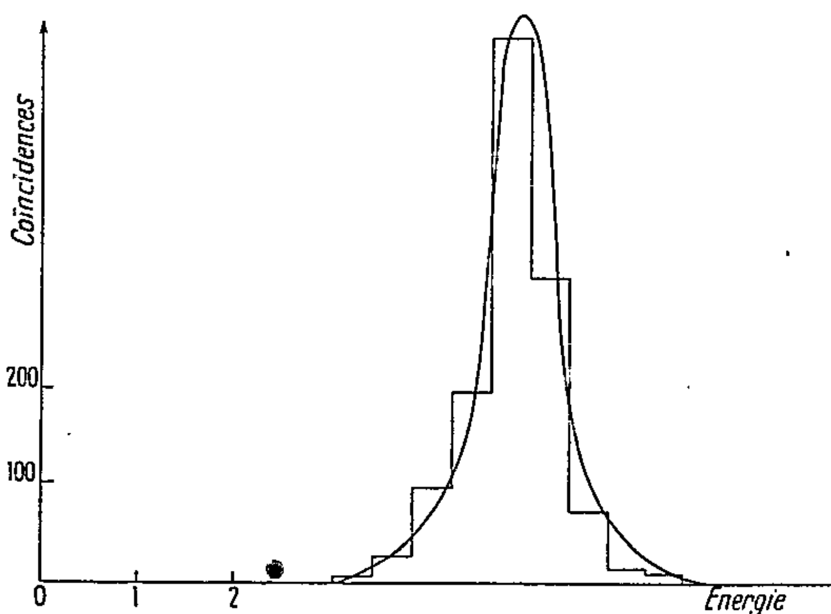


Fig. 1. Fig. 2.

1, cristal d'anthracène; 2, photomultiplicateur 6232 R. C. A.; 3, cathode follower; 4, amplificateur 100 Mc; 5, Garwin $\tau = 2.10^{-8}$ s; 6, amplificateur 2 Mc; 7, univibrateur; 8, amplificateur linéaire 1 Mc; 9, porte; 10, addition; 11, analyseur; 12, échelle.

Les deux électrons de paires attaquent respectivement un cristal d'anthracène vu par un photomultiplicateur 6342 R. C. A. Cet ensemble est mis en coïncidence avec un temps de résolution de 2.10^{-8} s. Les impulsions de coïncidence sont ensuite amplifiées.

D'autre part, les impulsions des canaux latéraux après amplification proportionnelle arrivent chacune sur une porte ([2]) normalement verrouillée et qui n'est ouverte que par la coïncidence rapide centrale.

(*) Séance du 27 juin 1955.

([1]) S. Gorodetzky, R. Armbruster, P. Chevallier et A. Gallmann, *Comptes rendus*, 239, 1954, p. 1623.

([2]) Les portes ont été réalisées d'après l'excellent dispositif de MM. Langevin, G. Allard et C. Corbe, *J. Phys. Rad.*, 14, 1953, p. 691.

Ainsi dans la suite des canaux latéraux après les portes ne passent que des impulsions dues à des paires (coïncidences). On peut alors analyser les impulsions isolées en ce qui concerne leur amplitude.

Ensuite se trouve un dispositif d'addition des impulsions des deux canaux latéraux suivi d'un amplificateur proportionnel, d'analyseurs et d'échelles.

Finalement sur le dispositif de comptage on ne compte que les coïncidences correspondant à une énergie totale bien déterminée des deux électrons.

Ce dispositif a été appliqué à l'observation de la raie monopolaire de paire de l'oxygène 16 (passage du niveau excité 6,05 MeV O^+ au niveau fondamental O^+).

Cette raie se présente sous la forme ci-contre (*fig.* 2).

La résolution est de 14 %.

Cette résolution doit être considérée comme bonne, surtout pour une première expérience. Il s'agit en effet, non de photons, mais d'électrons tombant sur un cristal d'anthracène. Par là même, la résolution est quelque peu limitée. Nous comptons cependant dans un avenir proche améliorer encore la résolution. Dans une Publication ultérieure nous indiquons les résultats obtenus avec cette méthode.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Étude de l'onctuosité des lubrifiants en présence du chlorure de méthyle, en fonction des constantes diélectriques et à des pressions variées.* Note (*) de MM. **Grégoire Volovick** et **Flavien Lazarre**, transmise par M. René Thiry.

Étude des variations de l'onctuosité des lubrifiants [$\varphi = (F - f)/F$] à différentes pressions en présence d'un milieu gazeux constitué par du chlorure de méthyle (CH_3Cl). Variation de l'onctuosité en fonction des constantes diélectriques du couple gaz-huile.

Dans le présent travail sur la variation de l'onctuosité des huiles de graissage pour les machines frigorifiques ([1]), ([2]), ([3]), ([4]), ([5]) nous avons étudié comment varie cette onctuosité φ à différentes pressions (p) du gaz frigorigène chlorure de méthyle (CH_3Cl). L'un des facteurs agissant sur l'onctuosité étant le moment électrique du lubrifiant qui baigne les pièces

(*) Séance du 25 juillet 1955.

([1]) *Voir* G. Volovick, *Groupement Français pour le développement des recherches aéronautiques*, Note technique n° 23.

([2]) *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 1354.

([3]) *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 916.

([4]) *Comptes rendus*, 237, 1953, p. 459.

([5]) *Comptes rendus*, 240, 1955, p. 302.

mobiles, nous avons essayé de voir comment φ varie en fonction du pouvoir inducteur spécifique du couple huile + gaz frigorigène.

Les mesures des constantes diélectriques du couple huile + gaz frigorigène ont été faites par la méthode de pont en courant alternatif décrite dans la Note précédente ([5]).

Les mesures des constantes diélectriques du gaz CH_3Cl ont été faites avec un G. Meter type 192 A de la Boonton Radio-Corporation dont le principe est celui d'un circuit résonant parfaitement stabilisé dans lequel on substitue, aux impédances à mesurer, des impédances étalonnées, d'où détermination de la conductance et de la capacité.

L'échelle de capacité couvre 100 mμF permettant une précision de lecture de 2.10^{-2} mμF.

Les résultats sont donnés dans les tableaux ci-dessous pour différentes pressions.

			Constantes diélectriques.			Onctuosités.	
Pressions (Atm abs).	t° C.	Temps (mn).	Huile Azote.	CH_3Cl.	CH_3Cl+huile.	Huile+Air.	Huile + CH_3Cl.
1...........	20	720 à 900	2,274	1,0151	2,282	0,310	0,280
2...........	–	–	–	1,0171	2,550	–	0,280
3...........	–	–	–	1,0252	3,071	–	0,250
4...........	–	–	–	1,0375	4,532	–	0,200
5...........	–	–	–	1,0521	5,640	0,295	0,150

Nous donnons aussi les constantes diélectriques pour le lubrifiant, CH_3Cl, et pour le couple lubrifiant + gaz aux mêmes pressions.

Dans la courbe (*fig.* 1) nous donnons les variations de la constante diélectrique ε en fonction du temps *t* à différentes pressions *p* du couple

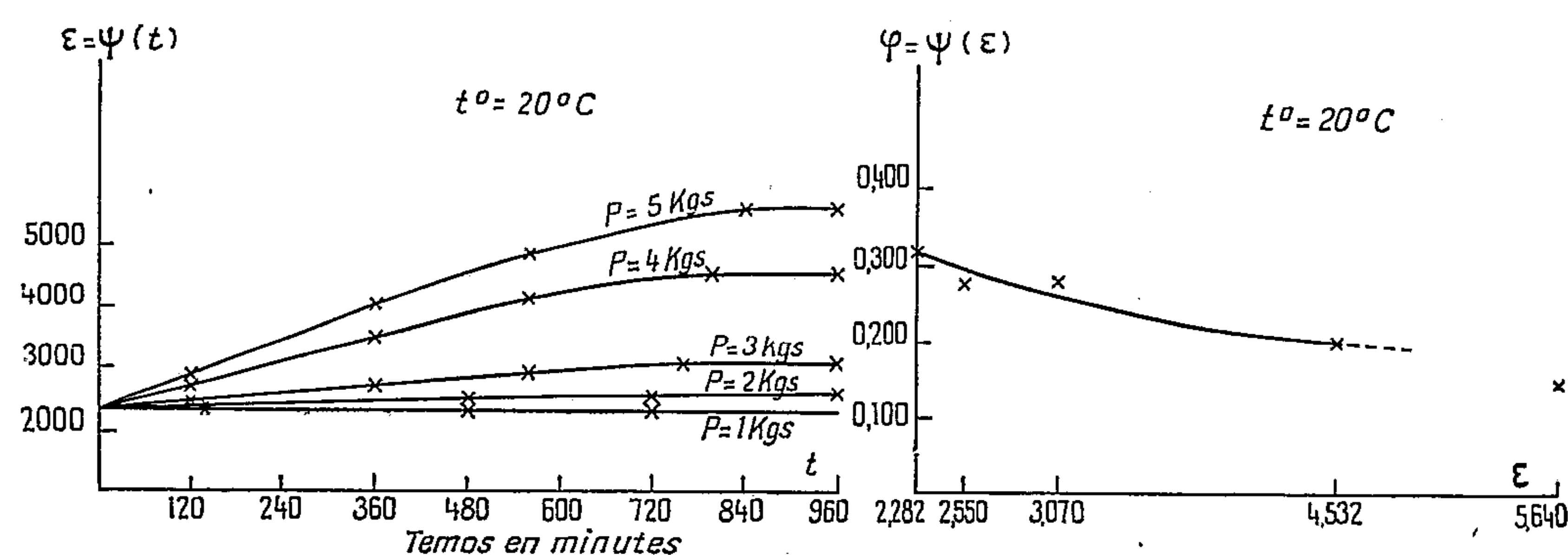


Fig. 1.

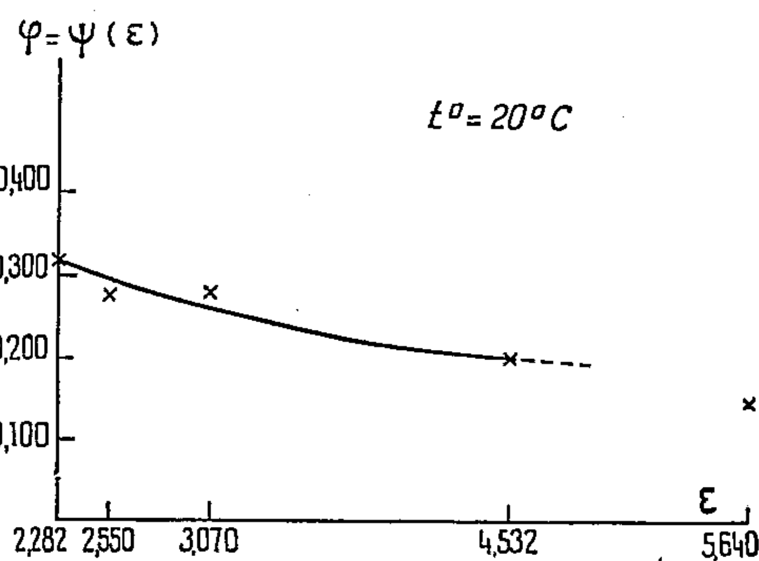


Fig. 2.

huile + gaz. Les variations des constantes diélectriques huile + CH_3Cl étant dues à la quantité du gaz qui se dissout et l'équilibre mettant un certain temps à s'établir, il en résulte qu'on n'obtient la valeur finale ε

qu'au bout d'un temps assez long allant de 10 à 14 h suivant les pressions du gaz.

Par la courbe (*fig.* 2), nous donnons les variations de l'onctuosité du même lubrifiant en fonction de ε jusqu'à 4,500 atm absolues.

Nous réservons pour plus tard de donner l'interprétation du phénomène qui se présente dans le cas particulier des pressions à partir de $p = 4{,}600$ atm absolues, proches de la tension de vapeur du CH_3Cl qui, à la température de 20° C, est de 4,993 atm absolues.

Remarque. — Il faut noter ici que c'est l'onctuosité limite que nous avons portée sur l'ordonnée. En réalité (3) pour chaque pression, l'onctuosité décroît en passant par plusieurs paliers provisoires pour enfin aboutir au palier définitif au bout de 6 à 10 h. Le phénomène est irréversible.

Conclusion. — Comme dans le cas du CF_2Cl_2, φ varie en présence du CH_3Cl dont la molécule contient du chlore, gaz électronégatif et qui, par conséquent, possède une certaine affinité pour les métaux, affinité liée au moment électrique de la molécule et par suite à ε, tandis que φ ne varie pas avec l'azote à la même pression. C'est pour cette raison que la courbe de φ, en fonction de ε, montre qu'à mesure que croît p, c'est-à-dire la quantité du gaz dissous, φ diminue et que la décroissance qui, en présence d'air est de l'ordre de 5 %, s'élève à 51,6 % environ avec le CH_3Cl.

CINÉTIQUE CHIMIQUE. — *Sur la catalyse acide de l'hydrolyse de l'anhydride acétique dans l'acide acétique.* Note (*) de M. **Théophile Yvernault**, transmise par M. Paul Pascal.

Dans l'acide acétique, la catalyse de cette hydrolyse par les acides sulfurique et perchlorique n'est pas reliée de façon simple à la fonction H_0 de Hammet, contrairement à ce qui se passe dans l'eau. On explique les résultats en milieu acétique par une catalyse par les molécules non ionisées du catalyseur, avec formation réversible de sulfate ou de perchlorate d'acétyle, et par la fixation par l'eau d'une partie du catalyseur, pour donner un produit sans action catalytique appréciable.

L'hydrolyse de l'anhydride acétique AC_2O dans l'acide acétique comme solvant, étudiée par dosage de l'eau au moyen du réactif de Karl Fischer, est très lente en absence de catalyseur. La catalyse par les acides perchlorique et sulfurique, très forte, est sensiblement proportionnelle aux concentrations moléculaires c en catalyseur et y en anhydride, et elle varie en sens inverse de la concentration x en eau (1). Lorsque x et y sont voisins de 0,5 moles/l, ces deux acides ont un pouvoir catalytique moléculaire identique, mais si x est

(*) Séance du 18 juillet 1955.

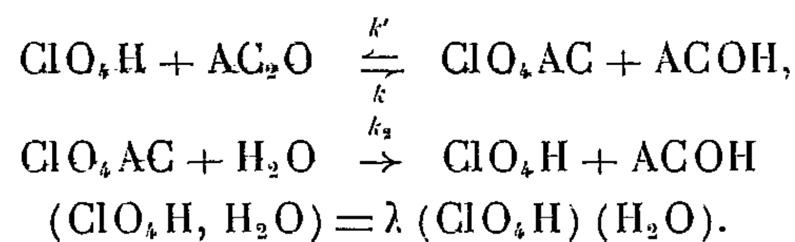
(1) T. Yvernault, *Thèse*, Strasbourg 1954; *Comptes rendus*, 235, 1952, p. 167.

plus petit, c'est SO_4H_2 qui catalyse le plus, d'après les résultats rapportés dans cette Note, bien que ce soit l'acide le plus faible du point de vue de la conductibilité et de la colorimétrie (²).

S'il s'agissait d'une catalyse ionique, les deux acides se comportant comme des monoacides forts, la vitesse V serait proportionnelle à la fonction h_0 de Hammet, c'est-à-dire au rapport r de la forme incolore à la forme colorée d'un indicateur monobasique. Il n'en est rien, comme le montre le tableau suivant représentant r et V mesurés sur les mêmes solutions à 20°, l'indicateur étant la N-N-diméthylparanitraniline 0,000047 M ($\lambda = 0{,}388\ \mu$).

	ClO_4H 0,000193 M.		SO_4H_2 0,000203 M.	
$x = y$.	V (mole/l/mn).	r.	V.	r.
0,5	0,00190	0,62	0,00234	0,25
0,3	0,00150	1,50	0,00203	0,50
0,1	0,00073	5,40	0,00118	1,02

Par contre la cinétique s'explique bien par une catalyse prépondérante par ClO_4H (ou SO_4H_2) moléculaire, avec formation intermédiaire réversible de ClO_4AC et association du catalyseur et de l'eau :



$$ClO_4H + AC_2O \underset{k}{\overset{k'}{\rightleftharpoons}} ClO_4AC + ACOH,$$
$$ClO_4AC + H_2O \overset{k_2}{\rightarrow} ClO_4H + ACOH$$
$$(ClO_4H,\ H_2O) = \lambda\,(ClO_4H)\,(H_2O).$$

En négligeant l'ionisation, on en déduit, c étant beaucoup plus petit que x et y :

$$\frac{cy}{V'} = \frac{1}{k_2}\frac{y}{x} + \frac{k'}{kk_2}\frac{1}{x} + \left(\frac{\lambda k'}{kk_2} + \frac{1}{k}\right) + \frac{\lambda}{k}x \tag{1}$$

(V' est égal à la vitesse mesurée moins la vitesse spontanée).

Les graphiques représentent cy/V' en fonction de x à 25° et à 17°, c étant voisin de 0,0003 M et V' étant exprimé en moles par litre et minute.

La position des points n'étant pas modifiée de façon significative lorsque y/x varie (ce rapport a varié de 0,4 à 2), il en résulte que k_2 est très grand, supérieur à 10 000, et l'on va calculer les autres coefficients en admettant que y/k_2x est nul.

SO_4H_2. — Les courbes sont presque des droites, on peut donc poser $k' = 0$ et on trouve alors : $k = 141$ et $\lambda = 4{,}08$ à 25°, $k = 73{,}4$ et $\lambda = 4{,}85$ à 17°. La valeur de λ est très voisine de la valeur 4,16 obtenue colorimétriquement par T. L. Smith et J. H. Elliot (²) et la chaleur d'association correspondante, 3,7 kcal, déduite des valeurs à 17° et à 25°, est compatible avec une liaison par

(²) T. L. Smith et J. H. Elliot, *J. Amer. Chem. Soc.*, 75, 1953, p. 3566.

pont d'hydrogène; ce serait la différence entre les chaleurs d'association de l'eau avec SO_4H_2 et avec le solvant ACOH.

Pour la deuxième série à 17° qui correspond à un stock de solvant différent k, λ et V' sont légèrement plus petits, ce qui peut être dû à une trace d'impureté.

ClO_4H. — k' n'est plus négligeable, et en prenant trois points sur la courbe on peut calculer λ, k et k'/k_2. De très faibles variations de l'ordonnée, compatibles avec l'erreur expérimentale de quelques pour cent sur V' et les variations vraisemblables des coefficients en fonction du milieu, entraînent des écarts considérable sur ces quantités, qui ne sont donc déterminées que de façon très imprécise. A partir des valeurs suivantes de $c\gamma/V'$: 0,0322 pour $x = 0,03$,

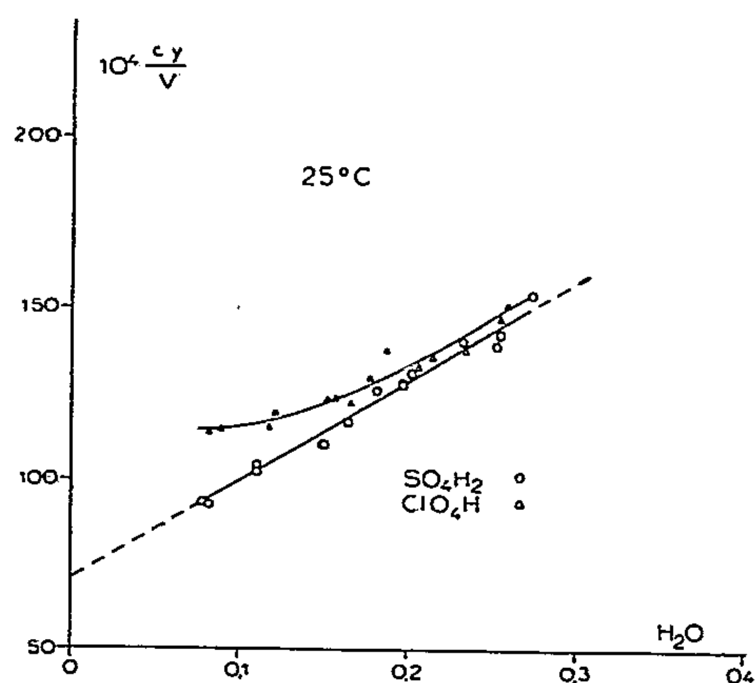


Fig. 1.

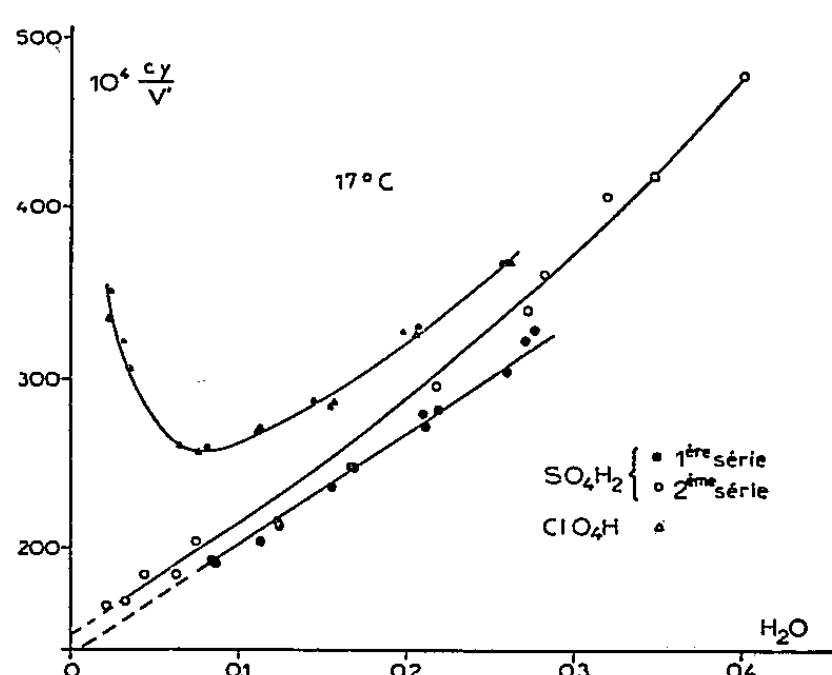


Fig. 2.

0,0268 pour $x = 0,10$ et 0,0351 pour $x = 0,25$, on trouve $\lambda = 26$ (27,8 d'après Smith et Elliot), $k = 354$ et $k'/k_2 = 0,16$.

Ainsi λ et k sont plus grands pour ClO_4H, et k' est beaucoup plus grand, puisqu'il intervient dans la cinétique ; la catalyse par SO_4H_2 pourrait s'expliquer par une hydrolyse rapide des ions AC^+ formés par l'action de SO_4H_2 moléculaire sur AC_2O, tandis que dans le cas de ClO_4H il est indispensable de faire intervenir la formation réversible de ClO_4AC.

En définitive, dans l'acide acétique presque pur, l'acidité de SO_4H_2 et de ClO_4H peut se manifester par association par pont d'hydrogène et par dissociation, l'association jouant un rôle prépondérant dans l'hydrolyse de AC_2O. Par contre dans un milieu plus basique et plus ionisant tel que l'eau, la catalyse de cette hydrolyse est ionique et la vitesse est en première approximation proportionnelle à h_0 ([3]), l'action spécifique du catalyseur étant environ 1 000 fois plus faible que dans l'acide acétique.

([3]) V. Gold et J. Hilton, *J. Chem. Soc.*, 1955, p. 843.

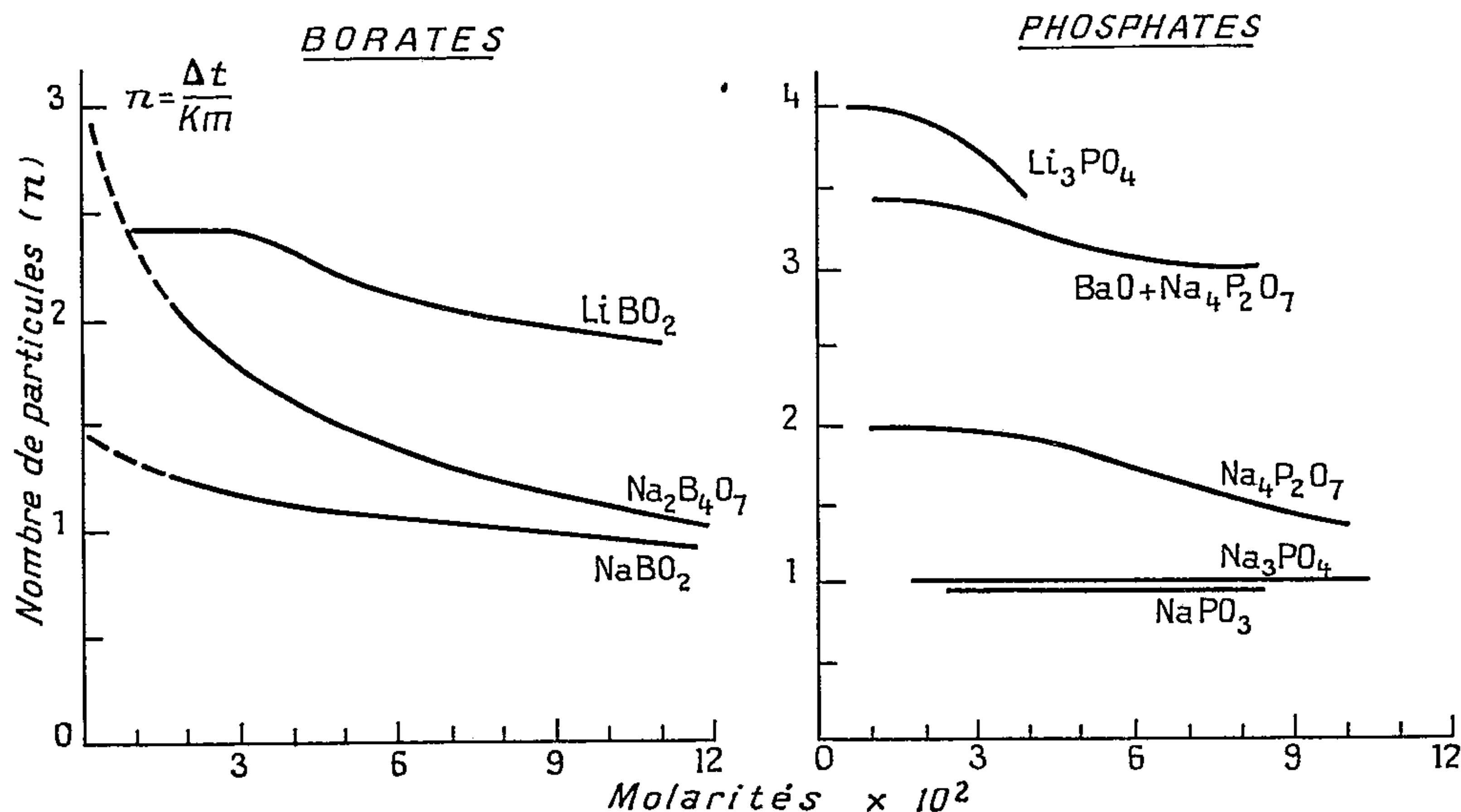
CRYOMÉTRIE. — *Cryométrie des borates et phosphates dans le chlorure de sodium fondu.* Note (*) de M. **Jonas Harrison**, transmise par M. Eugène Darmois.

Les résultats obtenus avec des borates indiquent au moins une dissociation partielle de l'ion BO_2^- et une dissociation probable de l'ion $B_4O_7^=$ en $2B_2O_3$ et $O^=$. Quant à la dissociation du radical $P_2O_7^{-4}$, il existe plusieurs possibilités.

Ce travail fait suite à la cryométrie des oxydes et chlorures dans le chlorure de sodium (¹).

1. La cryométrie des borates offre les indications suivantes :

a. $NaBO_2$ et $LiBO_2$ s'ionisent respectivement en plus d'une et de deux particules, indiquant par là que l'ion BO_2^- se dissocie partiellement. La disso-

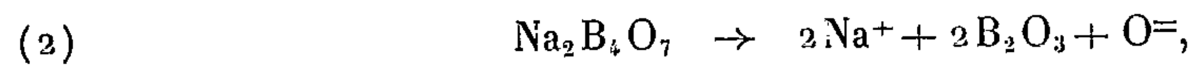


ciation est due soit à la mauvaise coupure de l'ion BO_2^- en xBO^+ et $yO^=$ soit à une association entre les ions chlorés et les ions BO^+ tels que



(1) $$Cl^- + BO_2^- \rightarrow ClBO + O^=.$$

b. La tendance de la courbe de $Na_2B_4O_7$ à dépasser deux particules est probablement due à la transformation de la molécule B_2O_3 en accord avec (²);



(2) $$Na_2B_4O_7 \rightarrow 2Na^+ + 2B_2O_3 + O^=,$$

$Na_2B_4O_7$ et B_2O_3 ont réagi de la même manière puisque dans les deux cas la dépression thermique a augmenté en fonction du temps.

(*) Séance du 25 juillet 1955.

(¹) *Comptes rendus*, 241, 1955, p. 298.

(²) Hisar, *Bull. Soc. Chim. France*, 1952, p. 308.

2. La cryométrie des phosphates montre que :

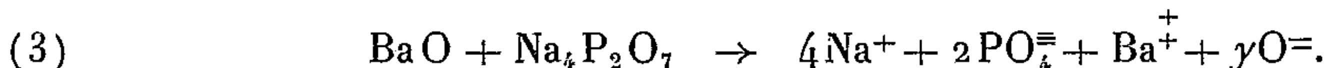
a. Les orthophosphates se dissocient en $PO_4^{\equiv}$ plus l'ion métallique indiquant que l'ion $PO_4^{\equiv}$ ne se coupe pas.

b. $NaPO_3$ se dissocie probablement en Na^+ et PO_3^-. Quant au $NaPO_3$, il faut mentionner qu'Hisar ([2]) a montré qu'une réaction se produit avec l'halogène en présence de l'air pour donner le pyrophosphate.

c. L'extrapolation de la courbe obtenue avec $Na_4P_2O_7$ montre une dissociation en deux particules. Le radical $P_2O_7^{-4}$ se dissocie en PO_3^- et $PO_4^{\equiv}$ en accord avec la suggestion de Zarzycki ([3]) et l'existence apparente des ions PO_3^- et $PO_4^{\equiv}$ dans notre solvant. Cependant, il y a d'autres possibilités. Si l'ion PO_3^- réagit en présence de l'air avec l'ion chloré, le radical $P_2O_7^{-4}$ pourra donner deux ions $PO_4^{\equiv}$ ce qui est aussi en accord avec nos résultats.

On a pensé que l'existence du radical PO_3^- peut être vérifiée en suivant les observations de G. Petit ([4]), c'est-à-dire qu'un ion oxygène en solution pourrait s'ajouter à l'ion PO_3^- pour donner un ion $PO_4^{\equiv}$, ainsi qu'une réduction du nombre de particules totales trouvées en solution. En conséquence, un mélange équimolaire de BaO et $Na_4P_2O_7$ a été ajouté au solvant.

Ceci a été partiellement confirmé par les résultats, puisque la courbe extrapolée montre la limite entre trois et quatre particules. Le fait que la limite n'est pas exactement à trois particules indique probablement que l'ion PO_3^- réagit avec l'oxygène de l'air, en addition avec l'ion oxygène de BaO. En conséquence, la réaction peut être représentée comme suit :



$$(3) \qquad BaO + Na_4P_2O_7 \rightarrow 4Na^+ + 2PO_4^{\equiv} + Ba^{++} + yO^{=}.$$

MAGNÉTOCHIMIE. — *Étude du magnétisme d'un gaz d'électrons à deux dimensions.* Note (*) de MM. **Adolphe Pacault** et **André Marchand**, transmise par M. Paul Pascal.

On calcule la susceptibilité magnétique d'un gaz d'électrons libres à deux dimensions contenu dans un réseau matériel plan isotrope. L'équation théorique donnant la variation de cette susceptibilité avec la température permet d'interpréter les courbes de variation thermique de la susceptibilité diamagnétique du graphite et des noirs de carbone.

La loi de distribution de Fermi-Dirac donne le nombre dn_i d'électrons de masse m occupant les niveaux d'énergie compris entre E_i et $E_i + dE_i$. Dans le cas particulier d'un gaz bidimensionnel de N électrons occupant la surface S

$$dn_i = \frac{N}{\varepsilon_0} \frac{dE_i}{1 + \exp.\left(\frac{E_i}{kT} - \eta\right)}$$

([3]) *Thèse Doct. Sc. Phys.*, Paris, 1953.

([4]) *Revue Générale des Sciences*, 58, 1951, p. 333.

(*) Séance du 25 juillet 1955.

avec ε_0 (niveau de Fermi) $= Nh^2/4\pi m S$ et $kT\eta = (\partial F/\partial n_i)_{T,S,n_j}$ (énergie libre électronique partielle).

η est déterminé par l'égalité $N = \int dn_i$, expression intégrable dans le seul cas du gaz à deux dimensions, d'où

$$\frac{\varepsilon_0}{kT} = \mathrm{Log}(1 + \exp.\,\eta)$$

L'énergie libre est d'autre part donnée par l'expression

$$F = NkT\eta - kT\sum_i \mathrm{Log}\left[1 + \exp\left(\eta - \frac{E_i}{kT}\right)\right],$$

et le moment magnétique est (¹) :

$$\mathfrak{M} = -\left(\frac{\partial F}{\partial H}\right)_{\eta, T, S}.$$

En ce qui concerne le paramagnétisme, l'énergie des électrons soumis à un champ magnétique H devient

$$E_i = \frac{P_i^2}{2m} \pm \mu H \qquad \text{avec} \quad \mu_{(\text{magnéton de Bohr})} = \frac{eh}{4\pi mc},$$

valeur permettant de calculer F, qui, convenablement dérivée, donne l'expression générale valable pour toute valeur de T et de H,

$$\mathfrak{M}_{\text{para}} = \frac{NkT\mu}{2\varepsilon_0}\mathrm{Log}\left[\frac{1 + e^{\eta+\beta}}{1 + e^{\eta-\beta}}\right] \qquad \left(\beta = \frac{\mu H}{kT}\right).$$

En ce qui concerne le diamagnétisme, la susceptibilité $K_\perp$ engendrée par un champ perpendiculaire à la surface S a une expression générale plus compliquée, dont le calcul détaillé sera donné dans une publication ultérieure.

Toutefois, lorsque β est suffisamment petit, ce qui est le cas le plus fréquent, les deux expressions se ramènent, pour des électrons libres, à

$$K_{(\text{para})} = \frac{\mathfrak{M}_{\text{para}}}{H.S} = \frac{N\mu^2}{\varepsilon_0 S}\left(1 - e^{-\frac{\varepsilon_0}{kT}}\right) \qquad \text{et} \qquad K_\perp = \frac{\mathfrak{M}_{\text{dia}}}{H.S} = -\frac{N\mu^2}{3\varepsilon_0 S}\left(1 - e^{-\frac{\varepsilon_0}{kT}}\right).$$

Pour des électrons de masse effective m^*, $K_{(\text{para})}$ reste inchangée et

$$K_\perp = -\frac{N\mu^{*2}}{3\varepsilon_0 S}\left(1 - e^{-\frac{\varepsilon_0}{kT}}\right) = K_0\left(1 - e^{-\frac{T_0}{T}}\right),$$

avec $T_0 = \varepsilon_0/k$ (température de dégénérescence) et $\mu^* = eh/4\pi m^* c = \mu\alpha$, si $\alpha = m/m^*$. Il en résulte que $K_{\text{para}}/K_\perp = -3/\alpha^2$.

(¹) E. C. STONER, *Proc. Roy. Soc. London*, A 152, 1935, p. 672-692.

Application aux noirs de carbone et au graphite. — Ce calcul théorique peut s'appliquer directement à l'interprétation des courbes expérimentales donnant la variation thermique de la susceptibilité diamagnétique des noirs de carbone (2) et du graphite (3).

On peut admettre que la susceptibilité des noirs de carbone et du graphite est composée :

A. D'une contribution χ_a indépendante de la température. On détermine, à la suite de considérations sur la susceptibilité limite des noirs de carbone ($L_a \to 0$) (4) et des acènes, $\chi_a = -0,85.10^{-6}$;

B. D'une contribution $\Delta\chi$, dépendant de la température, due aux électrons libres, anisotrope et dirigée perpendiculairement aux plans graphitiques.

On a donc $\Delta\chi = 3(\bar{\chi} - \chi_a)$ ($\bar{\chi}$ = susceptibilité spécifique moyenne) et la variation de $\Delta\chi$ avec la température est connue à partir des mesures de $\bar{\chi} = f(T)$. Les courbes $\Delta\chi = g(T)$ pour les divers noirs de carbone et pour le graphite peuvent être représentées de façon très satisfaisante par la courbe théorique $(\Delta\chi/\Delta\chi_0) = 1 - \exp(-T_0/T)$, ($\Delta\chi_0$ étant la limite vers laquelle tend $\Delta\chi$ quand T tend vers zéro), pourvu que l'on prenne des valeurs convenable de $\Delta\chi_0$ et T_0.

A partir des valeurs de $\Delta k_0 = -N\mu^2\alpha^2/3\varepsilon_0 S$ (5) et $T_0 = (\varepsilon_0/h) = (Nk^2\alpha/4\pi m)$ on obtient les valeurs de N et α. On connaît ainsi le rapport ν du nombre d'électrons (ou de trous) libres, qui constituent le gaz à deux dimensions, au nombre total d'électrons π (tableau).

	L_a(Å).	T_0(°K).	$10^{13}\Delta k_0$.	ν.	$\alpha = \frac{m}{m^*}$ (**).
Graphite (*)	∞	375	−23,4	1,1 .10⁻⁵	314
Thermax traité à 3100°C	200-250	375	−18,6	1,4 .10⁻⁵	249
Spheron 6 » 2700°C	82	460	−14,2	2,2 .10⁻⁵	190
Spheron 6 » 2000°C	75	490	−10,1	3,3 .10⁻⁵	135
P 33 » 1500°C	62	640	− 4,19	1,05.10⁻⁴	56
Spheron 6 » 1500°C	45	785	− 2,65	2,03.10⁻⁴	35,5

(*) Calculé à partir des mesures de Ganguli et Krishnan.
(**) On vérifie que α est assez grand pour que le paramagnétisme soit négligeable.

Ces résultats s'accordent avec ceux obtenus par Mrozowski (6) et ses collaborateurs à partir de la conductivité du graphite, et de façon plus satisfaisante que ceux de Ganguli et Krishnan (3) qui ont utilisé un modèle tridimensionnel, dans lequel ils faisaient arbitrairement $\nu = 1$.

(2) A. Marchand, *Comptes rendus*, 239, 1954, p. 1609.
(3) N. Ganguli et K. S. Krishnan, *Proc. Roy. Soc. London*, A 177, 1941, p. 168.
(4) L_a est le diamètre moyen des cristallites constituant le noir.
(5) Δk_0 est la susceptibilité par unité de surface, calculée à partir de $\Delta\chi_0$
(6) *Phys. Rev.*, 85, 1952, p. 609.

MÉTALLOGRAPHIE. — *Sur l'adoucissement du métal écroui par des recuits à basse température.* Note de MM. **Aurel Berghezan** et **Jean Herenguel**, transmise par M. Georges Chaudron.

Une suite d'études poursuivies par l'un de nous sur l'évolution de la structure par laminage et des propriétés mécaniques par restauration de 225 à 300°C avait conduit, avec la solution solide homogène aluminium-magnésium en métaux purs à 3 % de magnésium, aux observations suivantes :

a. l'écrouissage divise le grain par apparition de déformation de plus en plus nombreuses, fines et complexes (1), (2), (3);

b. la restauration fait évoluer progressivement les propriétés mécaniques vers celles de l'état recuit, les autres particularités conférées par l'écrouissage étant conservées (4), (5).

Cette dernière observation laissait prévoir que le motif créé par la déformation n'était pas fortement modifié par la restauration. Nous avons constaté depuis qu'après chauffage à température suffisamment basse, des sous-grains apparaissent dans le motif d'écrouissage, et se perfectionnent sans grossissement individuel excessif, pour conduire à une texture d'orientation véritable (6).

L'évolution des propriétés mécaniques pendant la restauration a été analysée en choisissant pour critère l'adoucissement relatif de la charge de rupture (R) et de la limite élastique (E) :

$$\mathrm{Ad}_{\mathrm{R}\%} = \frac{\text{R écroui} - \text{R restauré}}{\text{R écroui} - \text{R recuit}} \times 100.$$

La figure 1 montre l'évolution isotherme à 250° C; la courbe indique plusieurs étapes :

a. Une évolution très rapide, à peu près indépendante de la température entre 250 et 300° C, adoucit les propriétés de 35 à 40 % en 30 s. Nous n'avons pas pu déceler d'évolution structurale au microscope optique et aux rayons X, mais l'on sait qu'Heidenreich (7) a vu au microscope électronique, à cette étape, un perfectionnement sans grossissement des cristallites créés par la déformation. Nous pensons que l'adoucissement est lié aux éliminations de défauts entre cristallites voisins et au perfectionnement rapide mais partiel, par neutralisation de dislocations de signes opposés (restauration de Bürgers).

(1) J. Hérenguel et P. Lelong, *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 53.
(2) J. Hérenguel, P. Lelong et P. Lacombe, *Revue Métallurgie*, 50, 1953, p. 170.
(3) A. Berghezan et J. Hérenguel, *Comptes rendus*, 240, 1955, p. 1343.
(4) J. Hérenguel, *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 688.
(5) J. Hérenguel et F. Santini, *Revue de Métallurgie*, 51, 1954, p. 482.
(6) A. Berghezan et J. Hérenguel, *Comptes rendus*, 240, 1955, p. 1536.
(7) R.-D. Heidenreich, *Bell System Techn. Journal*, 30, 1951, p. 867.

b. Une évolution plus lente, avec perfectionnement de structure perceptible au microscope optique et aux rayons X, avec grossissement continu des cristallites ou sous-grains, déjà vu par Beck [8] et Perryman [9]. L'adoucissement est d'autant plus rapide que la température est élevée. Ad_E et Ad_R, d'abord pratiquement égaux, évoluent différemment après 1 h à 250° C ; si le temps est prolongé encore, les deux courbes se coupent de nouveau.

Au-dessus de 300° C on voit, en plus de l'évolution précédente, apparaître progressivement des cristaux d'orientations nouvelles très différentes de celles des motifs antérieurs d'écrouissage, qui se développent aux dépens de ceux-ci : c'est la recristallisation traditionnelle. Mais si la température est limitée, la

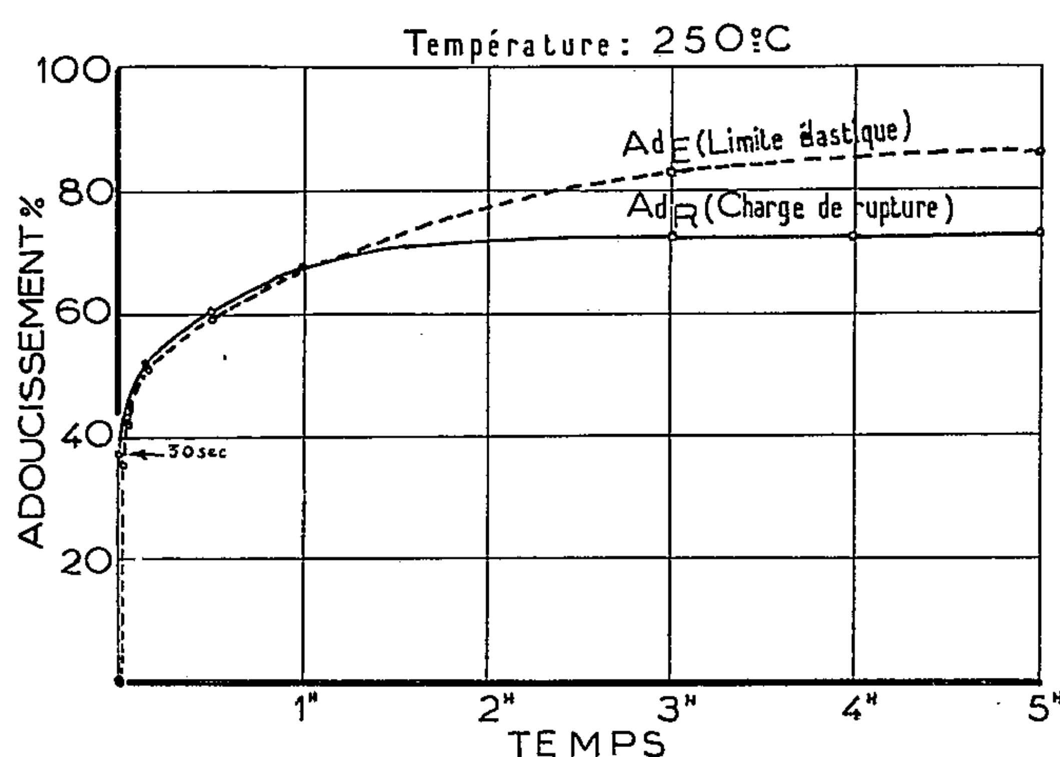


Fig. 1.

dureté de ces nouveaux cristaux est pratiquement la même que celle de la matrice restaurée qui les entoure.

L'adoucissement d'un métal écroui n'est donc pas lié nécessairement à la recristallisation véritable, il peut résulter exclusivement des phénomènes de perfectionnement des sous-grains. L'apparition et le développement de grains d'orientations nouvelles ne s'effectuent pas obligatoirement, comme on l'a pensé jusqu'ici, dans une matrice écrouie [10] mais dans une matrice plus ou moins restaurée.

La restauration règne seule aux températures assez basses, elle est alors très progressive. A partir d'un seuil de température, la recristallisation apparaît et coexiste avec la restauration dans un assez large domaine de température et de temps. Enfin, à température plus élevée, la recristallisation progresse beaucoup plus vite que la restauration.

---

(8) P. A. Beck, *Acta Metallurgica*, 1, 1953, p. 422.
(9) E. C. W. Perryman, *Acta Metallurgica*, 2, 1954, p. 26.
(10) P. Lacombe, *Métaux*, 34, 1953, p. 471.

Le métal restauré conserve simultanément le motif de morcellement et l'orientation d'ensemble conférés par l'écrouissage. En pratique, les recuits industriels seront un compromis judicieux entre la restauration et un début de recristallisation. Cette dernière apportera la quantité juste suffisante d'orientation nouvelle pour compenser la texture d'écrouissage, les nouveaux grains devant rester aussi petits que possible.

MÉTALLOGRAPHIE. — *Sur les conditions d'apparition de la croissance exagérée des cristaux dans le fer doux.* Note (*) de MM. **Pierre Coulomb** et **Paul Lacombe**, présentée par M. Pierre Chevenard.

Dans une Note antérieure (¹), il avait été montré que le fer doux « Armco » soumis à un écrouissage élevé par laminage (85 %) et à un recuit prolongé un peu en dessous de A_3 (890°), présentait un grossissement exagéré du grain. Celui-ci avait été assimilé à une recristallisation secondaire, *due à la texture de laminage*, du fait que les cristaux possédaient certaines orientations privilégiées, comme (110) [001] analogue à celle des ferrosiliciums (²).

Cependant l'hypothèse d'une croissance *discontinue par disparition d'une seconde phase* (³), (⁴) ne semblait pas à exclure puisque le recuit s'opérait en atmosphère réductrice d'hydrogène. Cette Note apporte de nouveaux arguments à l'appui de cette thèse.

Tableau I.

% dans le fer.	C.	Mn.	S.	P.	Al (mét.).	Al_2O_3.	N_2.	Ni.	Cu.	Si, Cr, Ti V, Mo.
B.....	0,025	0,048	0,021	0,008	0,003	0,003	0,0045	0,10	0,12	traces
C.....	0,030	0,025	0,016	0,007	0,002	0,003	0,0045	0,12	0,15	–
D.....	0,030	0,027	0,043	0,010	0,005	0,002	0,0050	0,08	0,16	–

Nous avons soumis trois fers doux (tableau I) à des taux d'écrouissage total compris entre 16 et 92 % par laminage à froid par passes individuelles soit de l'ordre de 0,1 mm, soit de 0,3 à 0,7 mm. Après laminage, le métal était recuit sous hydrogène pur et sec à 890° entre 1 et 14 jours. La figure 1 indique pour chaque métal le temps nécessaire au début d'apparition des gros cristaux («période d'incubation») en fonction de l'écrouis-

(*) Séance du 25 juillet 1955.

(¹) R. Guillaumé, Mlle M. Sternberg et P. Lacombe, *Comptes rendus*, 237, 1953, p. 904.

(²) C. G. Dunn, in *Cold Working of Metals*, *A. S. M.*, 1949, p. 113.

(³) P. Beck, M. Holzworth et P. Sperry, *Trans. A. I. M. E. Techn. Paper* 2475, *Métals Technology*, septembre 1948.

(⁴) P. Beck, J. Towers et P. Sperry, *J. Metals*, Février 1949, p. 203.

sage total. La comparaison des courbes conduit aux conclusions suivantes :

— Pour un même écrouissage total, la période d'incubation est très différente d'un métal à l'autre, malgré les différences faibles des teneurs en *éléments dosés.*

— La croissance de gros grains a lieu pour un très large intervalle d'écrouissage, d'autant plus grand que les passes individuelles de laminage sont plus élevées. Pour un métal donné, la courbe correspondant aux faibles passes adopte sensiblement la même limite supérieure que la courbe relative aux fortes passes.

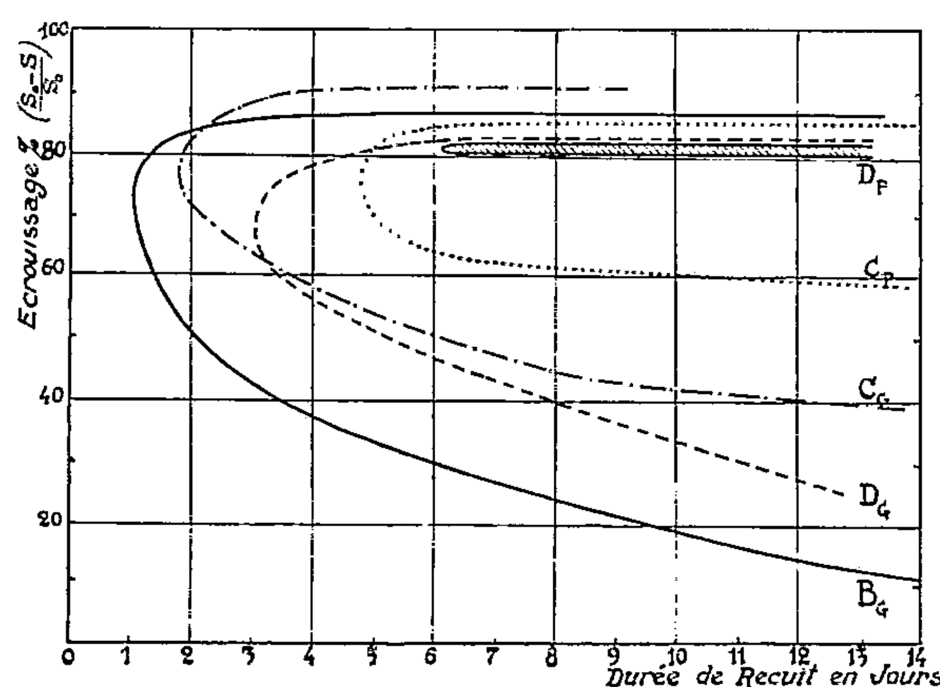


Fig. 1.

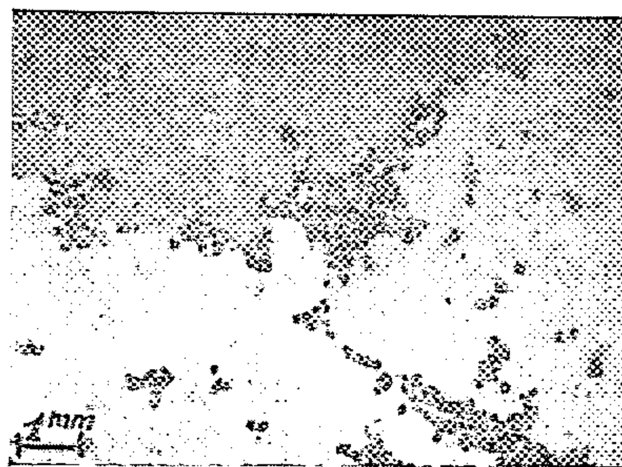


Fig. 2.

Fig. 1. — « Période d'incubation » en fonction de l'écrouissage pour différents fers « Armco ». (B_G, grosses passes B_P, petites passes).

Fig. 2. — Persistance de petits cristaux primaires aux limites de trois gros cristaux de croissance exagérée. (Fer C laminé à 47% par grosses passes et recuit 152 h à 890°.)

— Pour des écrouissages supérieurs à une limite légèrement différente suivant le métal (82 à 90 %), il n'y a pas croissance de gros cristaux, du moins pour des durées de recuit limitées à 15 jours.

Les deux faits essentiels sont la naissance des gros grains pour des écrouissages aussi faibles que 16 % et leur absence pour des taux supérieurs à 90 % environ. En général, la croissance secondaire due à une texture d'orientation préférentielle exige des écrouissages élevés (de 75 à 99,8 %) (5).

Au contraire la croissance secondaire déterminée par une phase dispersée s'observe sur un large intervalle d'écrouissage. Ainsi dans le cas du cuivre électrolytique (contenant Cu_2O), Beck (4) a observé une variation de la période d'incubation en fonction de l'écrouissage analogue à celle observée sur nos fers doux. Pour 30, 50 et 70 % d'écrouissage il y avait croissance exagérée alors que pour 90 % il n'y avait pas croissance

(5) J. S. Bowles et W. Boas, *J. Inst. Metals*, 74, 1948, p. 501.

par recuit à 800°, malgré l'existence d'une texture très prononcée. Celle-ci ne donnait naissance à de gros grains que par élévation de la température de recuit à 1000°.

En conclusion, la croissance de gros grains dans le fer doux, type « Armco », semble surtout déterminée par une phase séparée. Cette conclusion est appuyée par l'examen des cristaux au début de leur apparition : Un grand nombre de cristaux insulaires et surtout l'aspect déchiqueté des contours de gros grains dû à la persistance d'un liséré de petits grains primaires (absorbés par recuit plus prolongé) rappellent les aspects caractéristiques observés sur le Cu électrolytique, les alliages Al-Mn ou l'aluminium impur.

Il reste à définir la nature de la phase dispersée, qui pourrait être un oxyde comme Tangerding l'a déjà suggéré (6), et à préciser le rôle respectif joué par cette seconde phase et par la texture de laminage sur l'orientation des cristaux formés.

PHYSIQUE MACROMOLÉCULAIRE. — *Sur la viscosité interne des macromolécules en chaînes*. Note (*) de M. **Roger Cerf**, présentée par M. Gustave Ribaud.

Nous avons récemment introduit la viscosité interne (1) dans le modèle de macromolécule de Rouse (2) et donné certains résultats concernant le comportement hydrodynamique de ces particules. Nous allons montrer qu'en précisant la notion de viscosité interne on peut développer une théorie générale du comportement hydrodynamique des macromolécules en chaînes, dans laquelle l'effet d'orientation et l'effet de déformation apparaissent comme deux cas limites opposés.

On se souvient que, selon Rouse, la molécule est subdivisée en N sous-chaînes. Chaque sous-chaîne est assimilée à une chaîne de Gauss, et l'on suppose que les frottements du liquide sont localisés aux points de jonction des sous-chaînes.

Pour introduire la notion de viscosité interne il est nécessaire de distinguer dans le mouvement instantané de la molécule ce qui est rotation et ce qui est déformation. Mais la notion de rotation instantanée n'est définie que pour un solide rigide ou un élément de volume d'un milieu continu déformable, et sa généralisation à des systèmes à un grand nombre de degrés de liberté contient une part d'arbitraire.

Nous avons choisi la définition suivante qui paraît bien adaptée à l'étude des

(6) W. Tangerding, *Archiv Eisenhüttenwesen*, 9, 1935, p. 113.

(*) Séance du 18 juillet 1955.

(1) *Comptes rendus*, 240, 1955, p. 531.

(2) *J. Chem. Phys.*, 21, 1953, p. 1272.

problèmes d'hydrodynamique. A chaque configuration de la molécule en chaîne on associe une configuration géométriquement identique, mais rigide. On suppose que la molécule associée est placée dans le même écoulement que la molécule vraie et l'on appelle vecteur rotation associé le vecteur rotation (de longueur Ω) de la molécule associée. Le vecteur rotation associé contient un terme macroscopique et un terme brownien. De la même façon, la vitesse $\vec{V}_{j,r}$ du point de jonction j de la molécule associée est la vitesse de rotation associée du point j de la molécule en chaîne.

Par définition

$$\vec{V}_{j,d} = \vec{V}_j - \vec{V}_{j,r} \tag{1}$$

(où $\vec{V}_j$ est la vitesse vraie du point j) est la vitesse de déformation au point j de la molécule en chaîne.

Nous introduisons maintenant la viscosité interne en admettant que dans chaque sous-chaîne le frottement interne, proportionnel à la vitesse de déformation relative des extrémités, est égal à

$$-f_i\left(\vec{V}_{j,d} - \vec{V}_{j-1,d}\right), \tag{2}$$

f_i est le coefficient de viscosité interne.

Kuhn et Kuhn (3) avaient déjà tenté d'introduire la notion de viscosité interne dans la théorie des molécules en chaînes. Mais leur molécule est réduite à ce qui est ici une sous-chaîne, et la viscosité interne ne s'oppose qu'au déplacement relatif des extrémités de la sous-chaîne le long de la droite qui les joint. Cette définition n'est pas susceptible d'être appliquée à une molécule comprenant N sous-chaînes, car elle conduit à une contradiction. Supposons en effet la viscosité interne très grande. La distance entre les extrémités d'une sous-chaîne est fixe, mais les articulations restent souples. De sorte que pour une viscosité interne très grande on obtient une chaîne parfaitement souple pour laquelle la longueur des chaînons est répartie selon une loi de Gauss.

Pour l'instant, les calculs ne peuvent être poussés jusqu'au bout que dans les cas particuliers suivants (dont l'étude résout d'ailleurs la presque totalité des problèmes d'importance pratique).

a. On néglige les fluctuations de Ω autour de sa valeur moyenne. On obtient ainsi la théorie limite présentée dans la précédente Note. On se rappelle que l'expression de $\operatorname{tg}\alpha$, pente initiale de la courbe donnant l'angle d'extinction (biréfringence d'écoulement) en fonction du gradient de vitesse G était caractéristique d'un effet de déformation.

b. La viscosité interne est très grande. Dans ce cas les équations du mouvement se réduisent à $\vec{V}_{j,d} = 0$, c'est-à-dire d'après (1) à $\vec{V}_j = \vec{V}_{j,r}$. Chaque configuration de la molécule se comporte comme si elle était rigide et la

(3) *Helv. Chim. Acta*, 28, 1945, p. 1533.

solution présente un effet d'orientation caractéristique. En particulier, la viscosité de la solution décroît lorsque le gradient de vitesse augmente. De son côté, la pente initiale $tg\alpha$ est proportionnelle à la viscosité η_0 du solvant.

La théorie générale montre que, conformément aux résultats expérimentaux, le cas particulier *b* se présente comme cas limite quand η_0 est très petit. Lorsque η_0 augmente on se rapproche du cas *a*.

CHIMIE THÉORIQUE. — *Complexe de transfert de charge enzyme-substrat et réaction catalytique.* Note (*) de Mme **Andrée Goudot**, présentée par M. Louis de Broglie.

Lorsqu'un cation métallique forme avec une ou plusieurs molécules de substrat un complexe de transfert de charge selon une structure unique il est moins stable que s'il possède des structures de résonance, par conséquent l'intervention d'une substance additionnelle (substrat ou solvant) si elle est composée de molécules dipolaires peut agir de deux façons : soit stabiliser le complexe en un complexe fort soit provoquer une réaction de transfert de charge. C'est suivant ce dernier principe que se produisent les réactions enzymatiques.

Suivant le mode de formation du complexe dépendant des propriétés électroniques de l'ion métal, telles qu'elles ont pu être établies par la Mécanique ondulatoire, l'énergie nécessaire à la réaction catalytique sera due : au potentiel d'oxydoréduction du couple formé par changement de valence du complexe à l'abaissement de l'énergie libre ou à l'augmentation de l'entropie de formation du complexe.

I. Potentiel d'oxydoréduction des complexes changeant de valence. — 1° *Complexes à orbites internes.* — En général un cation en s'associant avec un substrat le rend plus polarisable, c'est-à-dire augmente la contribution de liaison covalente entre le métal et le substrat. C'est ainsi qu'un ion complexe dont les liaisons se font à l'aide des électrons des orbites externes tend à la formation d'un complexe chélaté à liaisons covalentes du type à orbites internes. La formation de ces complexes nécessite une certaine énergie si ces orbites sont occupées par des électrons impairs pour élever le cation à un état dans lequel une partie des orbites $3d$ est laissée vacante par appariement des électrons. Les complexes formés donnent alors des états activés intermédiaires d'énergie élevée. Les complexes covalents ont tendance à se former avec le plus petit nombre d'électrons impairs $3d$ qu'il se peut. C'est pourquoi CO^{++} et Mn^{+} tendent à donner des complexes trivalents en présence des amino-acides et Fe^{+++} un complexe divalent en présence de substrat faiblement électronégatif.

(*) Séance du 25 juillet 1955.

Le potentiel du couple formé entre complexe divalent et trivalent fournit l'énergie nécessaire à la réaction catalytique, si U_a étant l'énergie d'activation de la réaction catalytique on a : $U_a = E/n \times 23\,060$ cal.

Par exemple, réaction d'hydrolyse de deux molécules dipeptides liées à Co^{++}.

2° *Complexes à orbites externes.* — Al^{+++} peut donner des complexes anioniques ou neutres en présence d'un substrat donneur. C'est ainsi qu'a pu être réalisé *in vitro* la décarboxylation de l'oxalo-acétate. Pour Al/Al^{+++} on a $E = -1{,}67$: $U_a = E/3 \times 23\,060$.

II. Catalyse par abaissement d'énergie libre de formation du complexe. — Des ions métalliques tels que Cu^{++} et Zn^{++} ne peuvent libérer deux orbites $3d$ pour donner des complexes internes mais ont un potentiel d'oxydation très élevé et forment avec les amino-acides des complexes dont le coefficient de stabilité est très élevé. Plus ce coefficient est élevé plus l'énergie du complexe s'abaisse comme l'indique la relation : $F = -RT \log K$. La stabilité du complexe dépend de l'énergie libre de la molécule « dans son entier » (Melvin Calvin). C'est-à-dire non seulement de l'énergie libre de la formation de la liaison métal-substrat mais aussi des énergies libres des produits de dissociation entre les molécules de substrat. Si donc l'énergie libre du complexe formé est voisine en valeur absolue et de signe contraire à l'énergie d'activation nécessaire à l'hydrolyse de la molécule de substrat ($-\Delta F = U_a$) la réaction catalytique se fera.

C'est ainsi qu'a pu être réalisée *in vitro* l'hydrolyse de la phénylalanine à l'aide simplement de Cu^{++} avec lequel on a $\text{Log}\, K_a = 14{,}9$, d'où $\Delta F = -20$ Kc valeur supérieure à ΔU_a.

III. Action dominante de l'entropie. — Quand la structure du substrat est telle que les atomes donneurs et accepteurs ne peuvent s'arranger dans la position la plus favorable pour se combiner avec un métal particulier, c'est ce qui arrive pour certains amino-acides où le groupe amino est bloqué par exemple, les liaisons métal-substrat sont distordues par rapport à leur position normale et la tension modifie la molécule de substrat. Le chélate est alors dû à la configuration forcée et la stabilité diminue. La décroissance de l'énergie libre du complexe dépend de à la variation de l'entropie. Dans la formation du complexe où le facteur entropie domine sur le facteur électronique il faut que la variation d'entropie de formation fasse abaisser suffisamment l'énergie libre de formation.

Exemple : Mg^{++} — (alanyglycine)3 on a $\text{Log}\, K = 3{,}43$, d'où $28\,051 = 100 - T\Delta S$. D'où à 25° l'augmentation d'entropie par molécule est de 9 Kc. C'est l'ordre de grandeur que donne Fyffe pour l'entropie d'hydratation d'un composé anhydre. Cette augmentation d'entropie pourrait donc correspondre à la fixation d'une molécule d'eau par la molécule de dipeptide pour donner deux molécules d'amino-acides.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Emploi, en analyse quantitative minérale, du système oxydant brome-sulfate mercurique.* Note de MM. **Jacques Modiano** et **Jean-Charles Pariaud**, transmise par M. Paul Pascal.

L'introduction du sulfate $HgSO_4$ dans une solution sulfurique normale de brome élève le potentiel d'oxydo-réduction de 1,09 V à 1,45 V environ ([1]), ([2]). Nous avons montré que les propriétés oxydantes de la nouvelle solution permettent de doser plusieurs molécules organiques possédant deux groupements carbonyles voisins.

Les résultats acquis dans le domaine organique nous ont incité à chercher à utiliser ce nouveau système oxydant en chimie minérale, où il est capable de trouver application. Les indicateurs d'oxydoréduction dont le potentiel de virage convient, sont détruits. C'est le cas de l'acide diphénylamine sulfonique (0,83 V) et de l'orthophénantroline ferreuse (1,10 V). Le jaune de quinoléine, bon indicateur réversible de bromatométrie, est vraisemblablement oxydé. Nous n'avons pu essayer les acide N-phényl-anthranilique (1,00 V) et N-méthyldiphénylamino-*p*-sulfonique (0,80V).

Il convient d'opérer soit potentiométriquement, soit par titrage en retour, suivant la technique que nous avons proposée. La durée du dosage par retour ne dépase jamais dix minutes.

Nous avons tout d'abord effectué l'oxydation des ions suivants : Fe^{++}, Sn^{++}, As^{+++}, Sb^{+++}, $S_2O_3^{=}$ et NO_2^{-}.

Un Erlenmeyer bouché à l'émeri possède un appendice à robinet. On y fait le vide, introduit 10 cm³ d'une solution de bromate-bromure N/10, 5 cm³ d'H_2SO_4 6 N, et enfin, après une minute, 10 cm³ environ d'une solution de sulfate mercurique 0,2 N en milieu sulfurique normal. La solution se décolore partiellement. On ajoute alors le corps à doser, et après 30 s, 10 cm³ de NaCl 3 N; le brome en excès est libéré de son complexe. Enfin on ajoute 20 cm³ de KI à 20 %. On titre immédiatement par une solution N/20 de thiosulfate.

Parmi les ions cités quelques uns réagissent avec KI. Dans le cas du fer, on évite l'oxydation de I^- par Fe^{+++}, en ajoutant 5 cm³ de H_3PO_4. L'ion As^{5+} n'oxyde pas I^- en milieu peu acide. C'est l'inverse pour l'ion Sb^{5+}, que l'on complexe dès que l'iode est libéré, par 20 cm³ de NaF en solution 15 %.

L'ion $S_2O_4^{=}$ est oxydé en $SO_3^{=}$. Il y a 8 électrons échangés, au lieu de 2 dans l'oxydation par l'iode, notre méthode permet donc le dosage de plus petites quantités. Dans tous les cas les résultats sont donnés à 0,5 %. D'autres applications sont en cours d'étude.

([1]) J. Modiado et J.-C. Pariau, *Comptes Rendus*, 236, 1953, p. 1897.

([2]) J. Modiado et J.-C. Pariau, *Bull. Soc. Chim.*, 1954, p. 189.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Détermination des acides aliphatiques volatils de C_1 à C_6 dans les liquides biologiques par chromatographie sur papier.* Note de MM. **Jean Guillaume** et **Roger Osteux**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

Les méthodes chromatographiques proposées pour la séparation des acides volatils exigent la préparation de dérivés difficilement accessibles (Fink et Fink; Tompson; Sutake et Seki) (1), ou mettent en œuvre les sels de sodium (Brown) (2), d'ammonium ou d'éthylamine (Hiscox et Berridge; Reid et Lederer; Isherwood et Hanes) (3); mais aucune ne permet une séparation convenable des acides formique et acétique, ni des acides de la série normale et de la série « iso ». La technique chromatographique que nous proposons évite, malgré sa simplicité, ces inconvénients majeurs.

Les solutions d'acides sont obtenues par entraînement à la vapeur d'une prise d'essai contenant environ une millimolécule du mélange d'acides volatils. Le distillat est recueilli dans un excès de soude, puis concentré jusqu'à 1 ml. Les sels de sodium ne peuvent être chromatographiés directement, la tache masquant les acides les moins mobiles. L'ion sodium est éliminé par la « Permutite 50 » ajoutée en quantité calculée (notre échantillon fixant 3,5 ml de soude N/1 par gramme). On obtient 5 à 10 ml de solution pure des acides, que l'on neutralise par une solution N/1 de morpholine, en présence de rouge de crésol (la morpholine, base faible, a l'avantage de ne pas gêner la révélation et, peu volatile, « stabilise » les acides). La solution de sels de morpholine est déposée sur le papier à raison de 5 à 80 μg de chaque acide par spot de départ.

Nous employons le papier « Wathman » n° 3 (57×46 cm), qui nécessite des quantités d'acides plus grandes, mais donne des taches de contour plus net et dont la coloration disparaît plus lentement. Le séchage des feuilles doit se faire avec précaution, en évitant toute élévation de température. On révèle par pulvérisation d'une solution alcoolique d'orthocrésolphtaléine à 0,2 g pour 100 ml, tamponnée par le véronal sodique. Les acides forment des taches jaunes sur un fond grenat; la coloration persiste plus de 24 heures. Cette technique de révélation s'est montrée très sensible et met en évidence tous les corps qui communiquent au papier un pH inférieur à la neutralité.

Nous avons essayé une centaine de solvants et plus de 300 mélanges pour

(1) *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.*, 70, 1949, p. 654; *Aust. J. Sci. Res.*, 54, 1951, p. 180; *J. Japan. Chem.*, 4, 1950, p. 557.

(2) *Biochem. J.*, 47, 1950, p. 598.

(3) *Nature*, 166, 1950, p. 522; *Biochem. J.*, 50, 1951, p. 60; *Biochem. J.*, 55, 1953, p. 824.

obtenir une séparation convenable entre les acides formique et acétique. Seuls l'alcool allylique et le propylène-glycol nous ont donné un bon résultat; nous avons écarté l'alcool allylique à cause de ses propriétés lacrymogènes. Nous avons dû ajouter au propylène-glycol des solvants de poids moléculaire élevé afin d'éviter une migration trop rapide des acides. Le tableau ci-dessous reproduit quelques R_F obtenus.

Les proportions sont indiquées en volumes : Solvant 1, benzène/propylène-glycol/isopropanol/ammoniaque à 22 Bé/eau (30; 10; 20; 0,6; 3). Solvant 2, Alcool benzylique/cyclohexane/propylène-glycol/isopropanol/ammoniaque/morpholine/eau (30; 10; 10; 20; 0,7; 0,07; 3,5). Solvant 3, butanol/cyclohexane/propylène-glycol/ammoniaque/morpholine/eau (30; 30; 10; 0,7; 0,07; 3,5).

	Solvants		
	1.	2.	3.
Acide formique	0,41	0,23	0,29
» acétique	0,50	0,29	0,36
» propionique	0,59	0,40	0,49
» butyrique	0,68	0,52	0,62
» isobutyrique	–	0,51	0,61
» valérianique	0,74	0,58	0,70
» isovalérianique	–	0,56	0,67
» caproïque	0,79	0,66	0,80

Les acides de la série normale ne sont pratiquement pas séparés de leurs isomères dans ces solvants et nous avons eu recours à une technique analogue à celle de Consden, Gordon et Martin (4) pour la séparation de la leucine et de l'isoleucine. Le solvant 4 est constitué par de l'alcool benzylique saturé d'ammoniaque 1,5 N/1; après décantation, on ajoute 1 ‰ de morpholine. On fait une chromatographie descendante durant 3 à 4 jours, le front dépassant largement le bord inférieur du papier. Les R_F sont donnés par rapport à l'acide valérianique dont le R_F est arbitrairement fixé à 1 : Acide formique, 0,17; Acide acétique, 0,20; Acide propionique, 0,36; Acide isobutyrique, 0,51; Acide butyrique, 0,61; Acide isovalérianique, 0,82.

La limite de sensibilité de notre technique est de 5 µg; il est d'ailleurs possible de faire une estimation quantitative d'après la surface des taches, pour celles obtenues avec les solvants 1, 2 et 3.

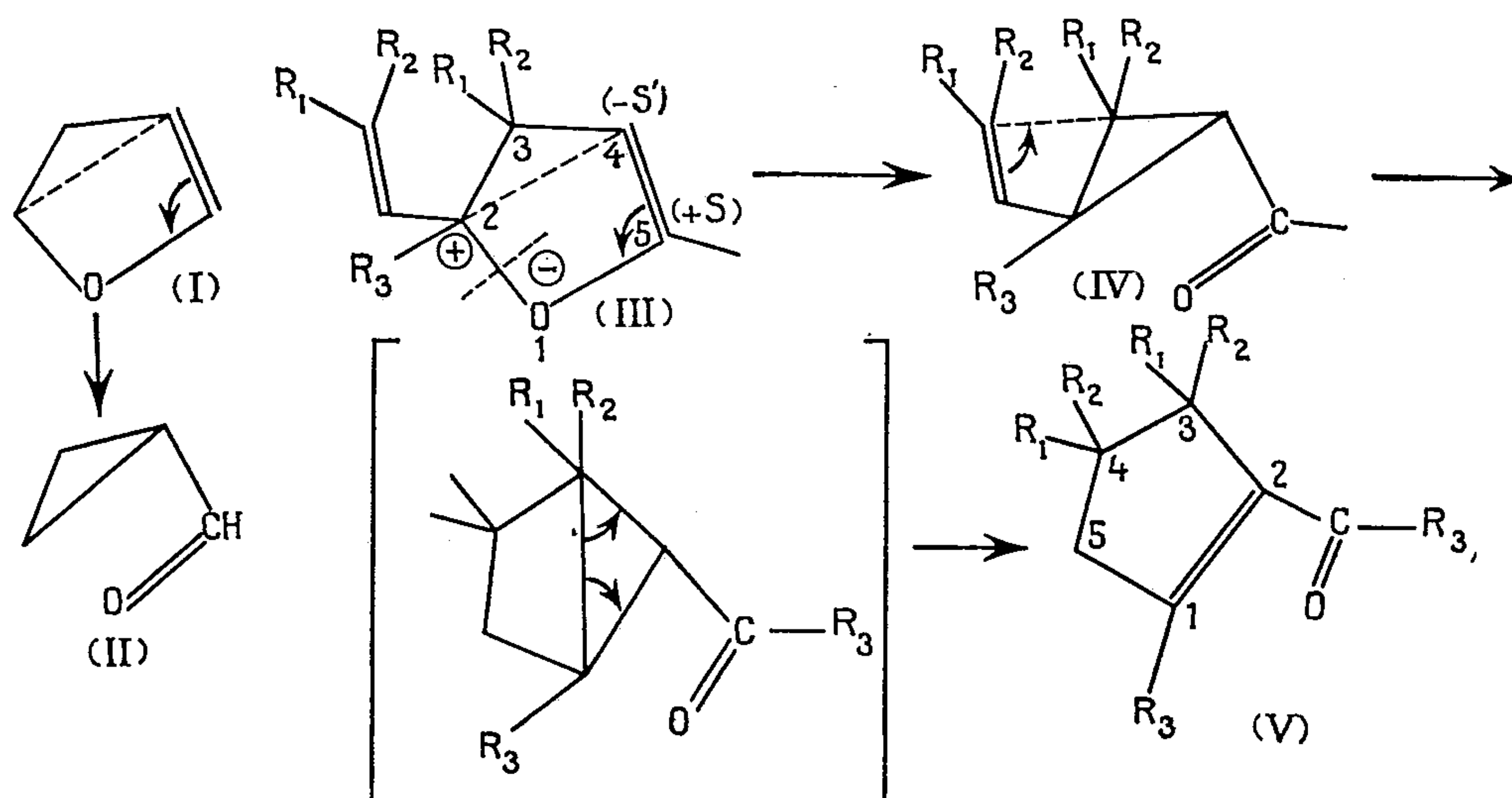
Nous avons appliqué notre procédé avec un plein succès à la recherche des acides volatils dans les milieux de culture bactérienne.

(4) *Biochem. J.*, 38, 1944, p. 224.

CHIMIE ORGANIQUE STRUCTURALE. — *Réarrangement des dérivés alcoylés du vinyl-2 dihydro-2.3 furanne en produits cyclopentène1 -carbonylés.* Note (*) de M. **Joseph Wiemann** et Mlle **Le Thi Thuan**, transmise par M. Marcel Delépine.

L'établissement de la structure des produits cyclopentène 1-carbonylés obtenus par isomérisation des dérivés alcoylés du vinyl-2 dihydro-2.3 furanne permet de proposer un mécanisme pour ce réarrangement.

On connaît le réarrangement du dihydro-2.3 furanne (I) en formylcyclopropane (II) (1); lors de la déshydratation des α-hydroxy α'-alcoylvinyl tétrahydrofurrannes, la formation « anormale » de composés carbonylés a été déjà indiquée (2); le passage direct d'un composé dihydro-2.3 furanne 2-diméthylvinylé à une cétone cyclopenténique a été dit possible (3).



Nous avons établi la structure des cétones cyclopenténiques (V) obtenues par isomérisation des produits dihydrofuranniques (III) préparés par réduction de l'aldéhyde crotonique et de l'oxyde de mésityle par divers procédés.

Le réarrangement se fait facilement en milieu fortement ionique; il serait donc initié par une rupture hétérolytique en 1.2 analogue à une ionisation allylique; mais il se poursuit ici par la stabilisation de l'ion carbonium par établissement de la liaison covalente 2-4, le carbone 4 portant une charge négative (système éther-oxyde vinylique). L'établissement de cette liaison cor-

(*) Séance du 25 juillet 1955.

(1) C. Wilson, *J. Am. Chem. Soc.*, 69, 1947, p. 3002.

(2) C. Glacet, *Ann. Chim.*, (12e), 2, 1947, p. 308.

(3) H. Normant, *Bull. Soc. Chim., Fr.*, 1951, p. 117 C.

respond à la formation du formyl-cyclopropane (II) déjà citée. Cependant le dérivé cyclopropanique (IV), conjugué dans notre cas avec les liaisons éthylénique et carbonyle, est peu stable et se réarrange en composé cyclopenténique carbonylé; le passage intermédiaire par une forme bicyclique ne semble pas déraisonnable; la structure est analogue à l'époxyde du cyclooctatétraène [4]; elle permet peut-être de comprendre plus facilement l'établissement de la double liaison en 1.2 ou en 2.3 dans le noyau cyclopenténique suivant les substituants.

Les résultats ont été établis dans les cas :

(1) $R_1 = R_2 = R_3 = CH_3$

et

(2) $R_1 = CH_3$; $R_2 = R_3 = H$.

Dans le premier cas, comme on peut le prévoir pour un dérivé allylique tertiaire, l'isomérisation se fait très facilement en présence d'acide acétique. Dans le deuxième cas elle est plus difficile, et nécessite pour se faire avec une vitesse notable la présence de sels métalliques : le sulfate cuivrique a donné de bons résultats.

Ainsi le chauffage de 20 g de tétraméthyl-2.3.3'.5 isobutényl-2 dihydro-2.3 furanne [cas (1)] additionnés de 2 cm³ d'acide acétique à 90 % pendant 24 h à 50° sous atmosphère d'azote donne 16 g d'une cétone $É_{14}$ 96-100°, semicarbazone F 165-166°, on donne 166-166°,5 pour le pentaméthyl-1.3.3.4.4 acétyl-2, cyclopenthène-1 [5].

20 g de propényl-2 méthyl-3 dihydro-2.3 furanne [cas (2)] chauffés avec 10 g de sulfate de cuivre anhydre à 140° pendant 24 h donnent 10 g d'un produit $É_{12}$ 58-63°. Deux fractions $É_{12}$ 58-60° (6,5 g) et $É_{12}$ 61-63° (3,5 g) présentent des constantes légèrement différentes; la première : n_D^{18} 1,472; spectre ultraviolet λ_{max} : 235 mμ ($\varepsilon = 11\,750$); la deuxième : n_D^{18} 1,465; spectre ultraviolet λ_{max} : 234 mμ ($\varepsilon = 8\,800$). L'hydrogénation catalytique et l'oxydation par l'oxyde d'argent donnent respectivement pour les deux fractions : la première, un alcool $É_{11}$ 82-83°; d_4^{18} 0,897; n_D^{18} 1,450; phényluréthane $C_{15}H_{21}O_2N$; F 85-86° (C 73,0; H 8,58; N 5,85 pour 72,84, 8,56 et 5,66 calculé), un acide, qui hydrogéné, fournit une amide $C_8H_{15}ON$; F 172°,5-173°,5 (C 68,03; H 10,5; N 9,82 pour 68,04, 10,71 et 9,92 calculé); la deuxième, un alcool $É_{10}$ 85-86°; d_4^{18} 0,918; n_D^{18} 1,460, phényluréthane isomère, F 91-92° (C 72,65; H 8,51; N 5,74), un acide qui, hydrogéné, fournit une amide F 150-151°; les solides cités ont été isolés par chromatographie, mais le rendement est d'au moins 60 % pour chacun.

Les constantes citées correspondent pour la première fraction au diméthyl-2

(4) S. L. FRIESS et J. BOCKELHEIDE, *J. Amer. Chem. Soc.*, 71, 1949, p. 4145.

(5) M. KOLOBIELSKI et J. WIEMANN, *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 691.

trans, -3 cis cyclopentylméthanol [on donne (6) : $É_{21}$ 91,5-92,5°; n_D^{20} 1,451; d_4^{20} 0,8962] et à l'acide correspondant [F 171,5-172,5° pour l'amide (6)]; pour la deuxième au diméthyl-2 cis, -3 cis cyclopentylméthanol [on donne $É_{15}$ 90-91°; d_4^{20} 0,9178; n_D^{20} 1,4606 (7) et à l'acide qui en dérive [on cite F 153-154° pour l'amide (7)]; les points de fusion sont légèrement différents, les composés obtenus antérieurement n'étant que partiellement racémisés.

Des essais d'addition d'acide cyanhydrique à froid en milieu acide ou alcalin sur l'hydroxy-5 propényl-2 méthyl-3 tétrahydrofuranne n'ont donné que des dérivés correspondant à l'addition sur son isomère cyclopentène 1-carbonylé (8). Donc dans certaines conditions d'ionisation l'isomérisation est encore ici facile.

Nous pouvons donc affirmer que les deux fractions d'aldéhyde diméthylcyclopenténylformique contiennent bien les groupements méthyle en position 2 et 3 sur le noyau cyclopenténique. Les détails expérimentaux et des précisions sur la position de la double liaison paraîtront dans un autre recueil.

GÉOPHYSIQUE. — *Les théorèmes d'équivalence de l'absorption ionosphérique.* Note (*) de MM. **Émile Argence, Karl Rawer** et **Kurt Suchy**, transmise par M. Jean Cabannes.

De l'équation de propagation on peut obtenir un théorème général d'équivalence, dont on peut déduire dans certaines conditions le théorème de Martyn. Le cas de forte absorption peut être étudié à partir de la théorie des milieux dispersifs et de la réflexion métallique (Cauchy).

1. Dans un travail récent, Appleton et Beynon (1) ont discuté différentes influences de l'atténuation ionosphérique. Ils citent une communication de Bremmer suivant laquelle les théorèmes déduits des formules de Fresnel sont aussi valables dans le cas de couches continues.

Il nous semble que le problème peut être envisagé d'une façon plus générale en tenant compte de la réflexion partielle ainsi que des chocs électroniques. Nous nous référons à un travail antérieur (2) où à l'aide de la transformation utilisée par Bremmer nous avons séparé l'équation des ondes pour l'incidence oblique suivant les coordonnées x et z. Après séparation nous avions obtenu pour le facteur $\xi(z)$ de l'expression du champ électrique l'équation diffé-

(6) V. N. Ipatief, W. D. Huntsman et H. Pines, *J. Amer. Chem. Soc.*, 75, 1953, p. 6222.
(7) H. Pines, N. E. Hoffman et V. N. Ipatieff, *J. Amer. Chem. Soc.*, 76, 1954, p. 4412.
(8) M. Kolobielski, travail inédit.

(*) Séance du 25 juillet 1955.
(1) *Amt. Terr. Phys.*, 6, 1955, p. 100.
(2) K. Rawer, *Ann. Physik*, 35, 1939, p. 385-416.

rentielle

$$\frac{d^2\xi}{dz^2}+\frac{\omega^2}{c^2}[\varepsilon(z)-\sin^2\varphi_0]\xi=\frac{d^2\xi}{dz^2}+F_{\perp}(z)\xi=0 \tag{1}$$

(ω, pulsation de l'onde ; c, vitesse de la lumière; ε, constante diélectrique relative; φ_0, angle d'incidence).

Ceci dans le cas où le vecteur électrique est perpendiculaire au plan d'incidence. Dans le cas où ce vecteur est dans le plan d'incidence on obtient pour un champ électrique fictif (déduit du champ magnétique de l'onde par multiplication par l'impédance locale) une équation semblable avec

$$F_{\parallel}=\frac{\omega^2}{c^2}[\varepsilon(z)-\sin^2\varphi_0]+\frac{1}{2\varepsilon}\frac{d^2\varepsilon}{dz^2}-\frac{3}{4\varepsilon^2}\left(\frac{d\varepsilon}{dz}\right)^2. \tag{2}$$

Le coefficient de réflexion est donné par le rapport des solutions asymtotiques ($z\to-\infty$), il est uniquement déterminé par la fonction F. Différentes fonctions peuvent aboutir au même coefficient de réflexion. D'autre part F demeurant invariable pour différents choix des paramètres on obtient toujours le même coefficient de réflexion ([2]). Des théorèmes d'équivalence peuvent ainsi être obtenus.

Les paramètres de ce problème s'introduisent par la formule complexe de dispersion qui s'écrit dans le cas où le champ magnétique est négligé,

$$\varepsilon(z)=1-\frac{X(z)}{1+iZ(z)}=p+iq;\qquad X=\frac{e^2N}{\varepsilon_0 m\omega^2};\qquad Z=\frac{\nu}{\omega}. \tag{3}$$

(e, charge; m, masse de l'électron; ε_0, constante diélectrique du vide; N, densité électronique; ν, nombre de chocs). L'invariance de F, est garantie si $\omega\cos\varphi_0$ et ν/ω sont constants. Une variation de l'angle doit donc être accompagnée d'une variation de la fréquence *ainsi que d'une variation du nombre de chocs*. Pour le décrément logarithmique de réflexion on a le théorème

$$\delta(\varphi_0,\omega,\nu)=\delta(0,\omega\cos\varphi_0,\nu\cos\varphi_0). \tag{4}$$

D'où

$$\delta(\varphi_0,\omega,\nu)=a\delta(0,\omega\cos\varphi_0,\nu),$$

avec

$$a=\frac{\delta(0,\omega\cos\varphi_0,\nu\cos\varphi_0)}{\delta(0,\omega\cos\varphi_0,\nu)}. \tag{5}$$

Sans chocs ($\nu=0$) on a $a=1$ en accord avec le résultat cité de Bremmer [cas de la réflexion partielle ([1])]. Si l'influence des chocs est prépondérante pour l'atténuation on a $a=\cos\varphi_0$ (théorème de Martyn) *à condition que le décrément soit fonction linéaire du nombre de chocs*.

Cette hypothèse doit être abandonnée dans le cas d'une très forte absorption.

2. Ce cas a été étudié à partir de la théorie de la réflexion métallique ([3]),

([3]) STRATTON, *Electro-magnetic Theory*, New-York, 1941.

([4]), ([5]). Si l'on introduit l'ikonale complexe S on a

$$(\nabla S)^2 = \varepsilon,$$

d'où

(6) $$\vec{P}^2 - \vec{A}^2 = P^2 - A^2 = p; \qquad 2(\vec{P}.\vec{A}) = 2PA\cos\varphi = q,$$

on a posé $\nabla S = \vec{P} + i\vec{A}$, $\vec{P}$ désignant le vecteur de propagation de phase, $\vec{A}$ celui de l'amplitude. La séparation appliquée en vue d'obtenir l'équation (1) nous montre que $\vec{A}$ est parallèle à l'axe z. D'autre part la relation ([6]), ([7])

(7) $$\nabla \times (\vec{P} + i\vec{A}) = 0$$

indique que la loi de Descartes est satisfaite. Compte tenu des relations (6) et (7) l'ikonale nous permet de déterminer les trajectoires de phase et d'amplitude et indirectement les trajectoires d'énergie. On trouve, dans le cas des trajectoires d'amplitude des droites normales aux plans de stratification. La présence du terme $\int \vec{A}\,d\vec{r}$ dans l'ikonale S nous montre que le décrément d'affaiblissement a pour valeur

(8) $$\delta = 2\frac{\omega}{c}\int A\,dz = \sqrt{2}\,\frac{\omega}{c}\int_0^{z_M} \sqrt{-[p(z) - \sin^2\varphi_0]^2 + \sqrt{[p(z) - \sin^2\varphi_0]^2 + q^2(z)}}\,dz$$

z_M étant la plus petite racine de $p(z) - \sin^2\varphi_0 = 0$. Lorsque la relation $[p(z) - \sin^2\varphi_0]^2 \gg q^2(z)$ est satisfaite, on obtient

$$\delta(\varphi_0, \omega, \nu) \simeq \cos\varphi_0\,\delta(0, \omega\cos\varphi_0, \nu) \qquad \text{(Martyn)}.$$

GÉOPHYSIQUE. — *Sur une trace d'écho de caractère singulier observée sur les ionogrammes de la station des îles Kerguelen.* Note de MM. **Robert Busch** et **Aimé Luchet**, présentée par M. Jean Cabannes.

Il a été observé dans différentes stations ionosphériques de l'hémisphère Sud depuis quelques années des échos provenant d'une réflexion à basse altitude ([1]). Ils ont été observés également :

a. à la station de Port-aux-Français, archipel des Kerguelen (latitude 49°20'S; longitude 70°13'E; inclinaison 67°) en 1953 et 1954;

b. par le détachement du Service de Prévision ionosphérique militaire à

([4]) H. Arzelies, *Ann. Phys.*, 2, 1947, p. 133-194.

([5]) E. Argence, *Z. Geoph.*, (sous presse).

([6]) A. Sommerfeld et I. Runge, *Ann. Physik.*, 35, 1911, p. 277.

([7]) K. Suchy, *Ann. Physik*, 11, 1952, p. 113-130.

([1]) G. Major, *Nature* n° 4463, 175, 1955, p. 862.

l'occasion de l'éclipse de Bergen, Norvège (latitude 60° N; longitude 5° E; inclinaison 73°) en 1954 ([2]).

Les hauteurs virtuelles de ces traces d'échos se situent, durant l'été entre 48 et 55 km et durant l'hiver entre 55 et 65 km environ; l'altitude de cette zône

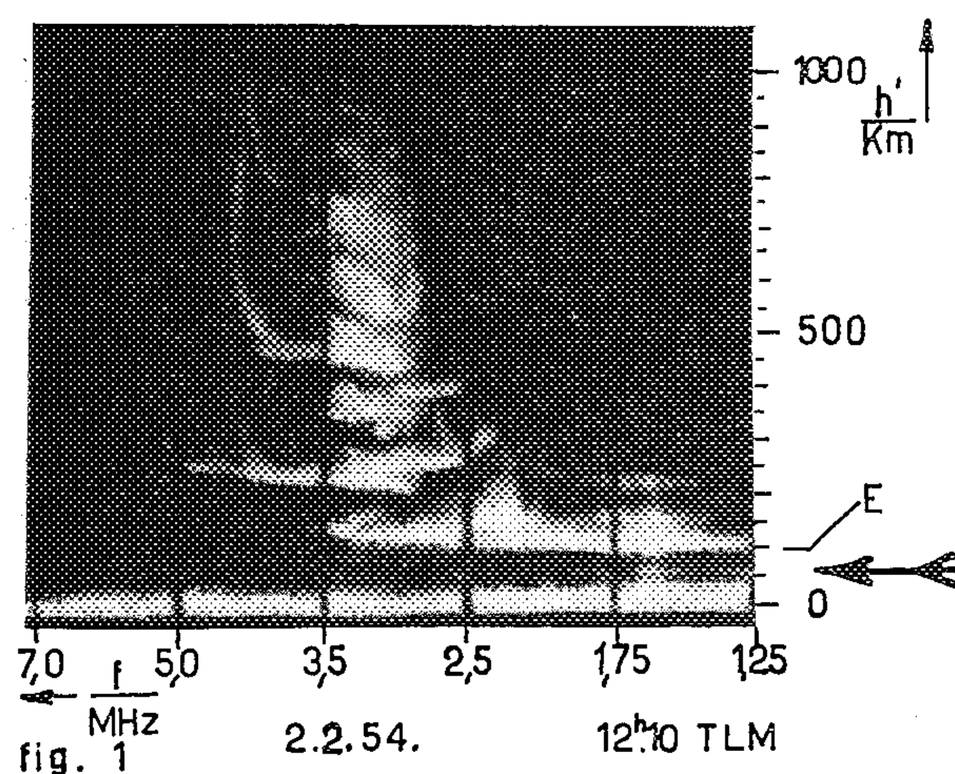


fig. 1 2.2.54. 12h10 TLM

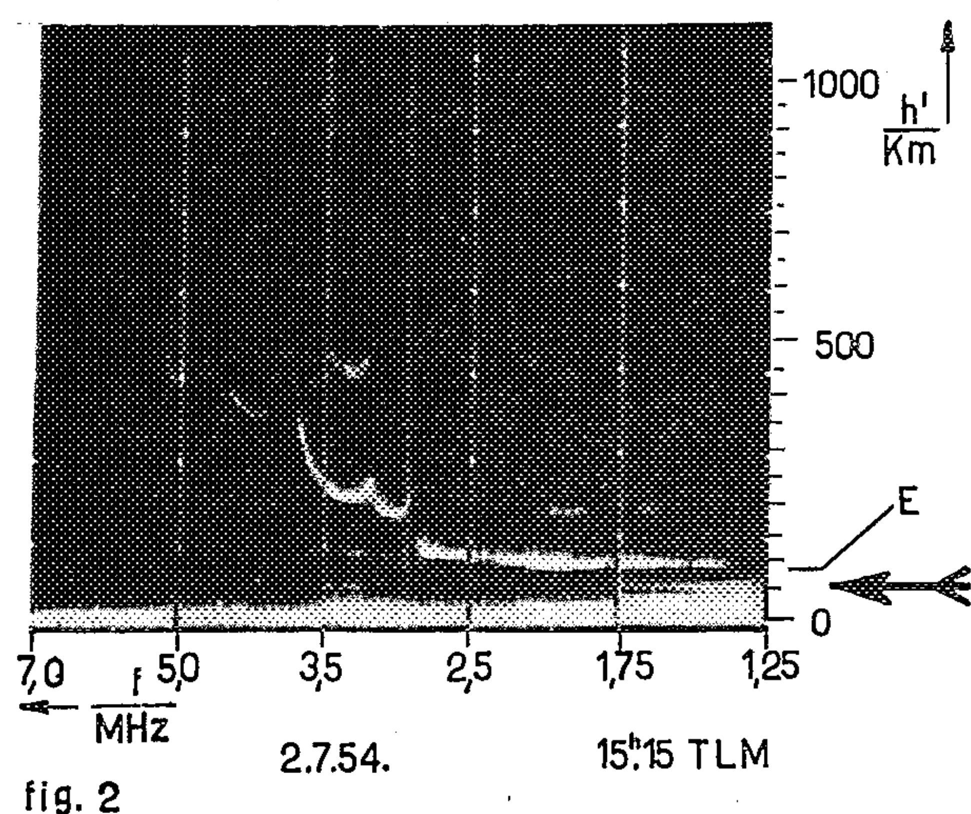


fig. 2 2.7.54. 15h15 TLM

réfléchissante coïncide sensiblement avec la limite supérieure de la couche d'ozone (région d'un maximum de température).

Toutes nos observations confirment les résultats expérimentaux donnés antérieurement ([1]), ([3]). Ce niveau de réflexion ne semble pas influencer les échos provenant des couches supérieures; il résulte de l'examen des ionogrammes

---

([2]) K. Bibl et F. Delobeau, *Phys. Verh.*, 6, 1955, p. 89, Folge 5.

([3]) Un aperçu général des données expérimentales antérieures a été publié par Ellyett, *Terrestr. Magn.*, 52, 1947, p. 1.

que les couches absorbantes de l'ionosphère sont toutes situées au-dessus de celui-ci. Il a déjà été constaté par G. Major (1) que pendant les fortes absorptions cette trace d'écho persistait, ce que nous avons également observé.

On a mis aussi en évidence le fait que le coefficient de réflexion est plus faible en été qu'en hiver.

Il nous semble difficile d'admettre que ces échos proviennent d'une couche particulière de l'ionosphère mais il est possible qu'il s'agisse dans ce cas d'une zône réfléchissante extrêmement mince se formant dans la haute atmosphère : le caractère linéaire des traces laissées par les échos ne permet pas de mettre en évidence l'existence d'une fréquence critique (*fig.* 1 et 2).

PHYSIOLOGIE. — *Influence de la teneur en iode du régime sur la biosynthèse des hormones thyroïdiennes.* Note de MM. **Jacques Leloup** et **François Lachiver**, présentée par M. Paul Portier.

La glande thyroïde du Rat est capable de modifier son fonctionnement selon la teneur en iode du régime; la carence iodée favorise la synthèse de l'hormone thyroïdienne métaboliquement la plus active : la triiodothyronine.

Les auteurs (1) ayant évalué la teneur en 3:5:3′ triiodothyronine (2) marquée de la glande thyroïde, après injection de ^{131}I, trouvent toujours des quantités très faibles de cette hormone par rapport à la thyroxine. Au cours d'expériences sur des rats carencés en iode nous avons trouvé dans leurs thyroïdes, des pourcentages de TRIth égaux ou supérieurs à ceux de Tx. Ces résultats nous ont conduit à attribuer un rôle à la teneur en iode du régime dans la biosynthèse des hormones thyroïdiennes, une carence iodée favorisant la synthèse de triiodothyronine (3).

Quatorze rats ♀ adultes pesant de 126 à 170 g et huit rats ♂ adultes pesant de 185 à 300 g placés à + 22° C, sont maintenus pendant 3 mois à un régime pauvre en iode à base d'orge et de pain (4) auxquels on ajoute deux fois par semaine de la salade. Six des rats ♀ boivent *ad libitum* une solution d'iodure de potassium à la concentration de 4 μg d'Iode par centimètre cube durant les deux premiers mois et de 20 μg d'Iode par centimètre cube pendant le

(1) J. Roche, S. Lissitzky et R. Michel, *Bioch. Biophys. Acta*, 11, 1953, p. 220; J. Gross et R. Pitt-Rivers, *Biochem. J.*, 53, 1953, p. 645; J. W. Braasch, E. V. Flock et A. Albert, *Endocrinology*, 55, 1954, p. 768.

(2) Les abréviations suivantes sont utilisées dans le texte : MIT : monoiodotyrosine, DIT : diiodotyrosine, TRIth : 3:5:3′ triiodothyronine, Tx : thyroxine.

(3) Une conclusion analogue a été récemment tirée par J. Gross et R. Pitt-Rivers (*Rec. Progr. Horm. Res.*, 10, 1954, p. 109) de la comparaison des radioautogrammes de chromatogrammes réalisés par J. Gross et C. P. Leblond (*Endocrinology*, 48, 1951, p. 714) et J. Gross et R. Pitt-Rivers (*Biochem. J.*, 53, 1953, p. 645). (Pitt-Rivers, communication personnelle). Cependant ces auteurs n'apportent aucune donnée numérique.

(4) La teneur en iode de ce régime (orge + pain) est d'environ 10 μg/kg.

dernier mois d'expérimentation. Après injection intrapéritonéale de 30 μc de ^{131}I sans entraîneur les rats sont sacrifiés par paires, 2, 6, 24 et 72 heures après l'injection pour ceux au régime pauvre en iode (groupe A) et 6, 24 et 72 heures pour ceux au régime riche en iode (groupe B). La chromatographie des extraits butanoliques de thyroïde (après hydrolyse trypsique) est effectuée en présence d'entraîneurs, en butanol-acétique-eau et en butanol-NH_4OH 2 N.

Le tableau I indique, en fonction du temps après l'injection, la fixation totale de ^{131}I et les pourcentages des acides aminés iodés marqués dans la thyroïde mesurés par radiochromatographie quantitative. L'examen de ce tableau permet de dégager les faits suivants.

1° Dans les groupes carencés, la fixation d'iode est très importante et atteint son maximum au plus tard deux heures après l'injection; elle décroît ensuite très rapidement, ce qui semble indiquer une vitesse de renouvellement de l'iode très élevée. Au contraire, dans le cas de surcharge iodée, la fixation est extrêmement faible et augmente encore 72 heures après l'injection.

TABLEAU I.

Temps après injection de ^{131}I. Heures.	^{131}I dans la thyroïde. Dose (%).	% Radioactivité du chromatogramme sous forme				
		I^-.	MIT.	DIT.	Tx.	TRIth.
		Groupe A ♂.				
2	52,8	1,8	54,5	24,2	4,2	6,5
6	47,9	4,1	51,4	20,2	3,7	6,7
24	19,6	4,5	48,1	18,6	5,4	9,6
72	8,1	5,7	45,0	22,4	4,8	5,6
		Groupe A ♀.				
2	36,4	1,4	49,1	31,5	5,7	4,7
6	35,4	2,3	41,2	25,2	10,3	7,6
24	—	3,6	40,2	24,1	7,2	9,2
24	21,9	4,7	51,2	17,4	5,0	9,6
72	3,3	7,9	47,2	17,2	4,3	8,8
		Groupe B ♀.				
6	0,36	1,3	28,3	54,0	3,9	1,1
24	0,58	1,8	28,9	51,3	8,4	1,8
72	0,98	3,0	23,1	50,0	11,1	2,8

2° La répartition de ^{131}I thyroïdien est très différente selon la teneur en iode du régime. Chez les rats des groupes A, le pourcentage de MIT est toujours très supérieur à celui de DIT, ($1,55 < MIT/DIT < 2,94$) ceci quel que soit le temps étudié. L'hormogenèse est intense; Tx et TRIth apparaissent simultanément dès deux heures après l'injection et la proportion de TRIth dépasse presque toujours celle de Tx ($0,73 < TRIth/Tx < 2,02$). Chez les rats du groupe B, par contre, le pourcentage de DIT est supérieur à celui de MIT

(0,46 < MIT/DIT < 0,56). La synthèse des hormones thyroïdiennes est lente, la somme TRIth + Tx étant toujours inférieure aux valeurs correspondantes des groupes carencés, et Tx semble synthétisée de façon préférentielle (0,21 < TRIth/Tx < 0,28). Dans tous les groupes l'iode inorganique représente une faible fraction de l'iode total, ce qui, rapproché de la fixation importante de ^{131}I dans les groupes A, indique l'absence probable de goitrogènes dans le régime.

Parmi les hypothèses qui peuvent être émises pour expliquer l'influence de la carence en iode sur le fonctionnement thyroïdien, deux nous semblent plus vraisemblables : action directe (la thyroïde du rat hypophysectomisé pouvant être stimulée par un régime pauvre en iode ([5]) ou action par relai hypophysaire (stimulation de la sécrétion d'hormone thyréotrope). Des expériences en cours viendront préciser le rôle éventuel de ces deux mécanismes.

PHYSIOLOGIE. — *Origine tubulaire du potassium excrété par le rein des Mammifères.* Note (*) de M. **François Morel**, transmise par M. Jacques Tréfouël.

Une étude cinétique avec le radiopotassium a permis de montrer que, durant la diurèse osmotique par le mannitol chez le Lapin, la totalité du potassium excrété dans l'urine provient des cellules distales du tube urinaire et non du filtrat glomérulaire.

Les modalités de l'excrétion rénale du potassium sont encore obscures; dans les conditions normales, il existe une absorption tubulaire certaine, puisque la quantité filtrée par les glomérules dépasse toujours la quantité excrétée dans l'urine; dans certains états bien définis, cependant, il a été observé une filtration de potassium inférieure à l'excrétion ([1]), ([2]), ([3]), ce qui prouve que, dans ces cas au moins, une sécrétion tubulaire de potassium se produit, probablement au niveau du segment distal. Mais une telle sécrétion n'existerait-elle pas aussi dans les conditions normales, masquée par une réabsorption plus intense qu'elle au niveau proximal ? Si oui quel est son ordre de grandeur ? Les techniques d'exploration rénale habituelles ne permettent pas de répondre à de telles questions; aussi avons-nous entrepris une étude cinétique de ce problème à l'aide du potassium radioactif. Le principe en est le suivant : après administration intraveineuse de potassium marqué, la partie du potassium excrété dans l'urine

([5]) R. C. Goldberg, R. O. Greep et L. B. Nay, *Proc. Soc. exper. biol. med.*, 84, 1953, p. 621.

(*) Séance du 25 juillet 1955.

([1]) R. A. Mc Cance et E. M. Widdowson, *Lancet*, 233, 1937, p. 247.

([2]) G. H. Mudge, J. Foulks et A. Gilman, *Proc. Soc. Exp. Biol. et Med.*, 67, 1948, p. 545.

([3]) R. W. Berliner et J. Kennedy, *Proc. Soc. Exp. Biol. et Med.*, 67, 1948, p. 542.

qui provient du filtrat glomérulaire aura à chaque instant la même radioactivité spécifique que le potassium du plasma, tandis que la partie (éventuelle) qui provient d'un « compartiment » cellulaire distal aura la radioactivité spécifique du potassium échangeable de ces cellules. La radioactivité spécifique de l'urine sera donc un compromis reflétant l'importance respective des deux sources possibles de potassium. Quant à l'activité spécifique dans le compartiment cellulaire sécrétoire, elle évoluera elle-même en fonction de la vitesse de renouvellement du potassium de ce compartiment à partir du potassium du milieu intérieur. La relation suivante exprime la situation qui vient d'être décrite :

$$\frac{du}{dt} = \frac{(ku - ks)}{ku} \frac{dp}{dt} + R(p - u),$$

— u, p, du/dt et dp/dt désignent la radioactivité spécifique du potassium dans les urines et le plasma, ainsi que leurs dérivées respectives, et sont mesurés expérimentalement en fonction du temps après l'administration du radioisotope par voie veineuse;

— ku désigne l'excrétion potassique urinaire totale (mg/mn) et est aussi mesuré en fonction du temps.

— ks désigne la quantité de potassium sécrétée dans l'urine par le compartiment distal (mg/mn);

— R, enfin, désigne la vitesse de renouvellement du potassium de ce compartiment distal (%/mn).

ks et R sont des inconnues dont la valeur peut être calculée en chaque point des courbes obtenues, en combinant l'équation numérique correspondant à ce point à celle des points voisins.

Poids (kg)..	3,74	3,155	3,50	2,66	3,06	2,15	2,57	2,64	2,72	2,50	2,75
ku........	0,150	0,15	0,169	0,129	0,15	0,153	0,195	0,22	0.26	0,24	0,53
ks.........	0,14	0,15	0,182	0,125	0,14	0,16	0,154	0,21	0,29	0,26	0,55
R.........	11,4	5,0	9,5	10,4	10,0	14,0	18,2	12,6	14,0	7,5	21,0

11 expériences, comportant chacune 10 à 20 points expérimentaux, ont été réalisées chez le Lapin durant une diurèse osmotique provoquée par le mannitol. Considérations théoriques, procédure expérimentale, résultats et discussion seront rapportés ultérieurement dans leur détail. Les conclusions obtenues sont univoques : Chez tous les lapins, on trouve une quantité de potassium sécrété par le compartiment cellulaire distal (ks) égale à la quantité totale du potassium excrété dans l'urine au même moment (ku). *Il apparaît donc que la totalité du potassium urinaire résulte d'une sécrétion tubulaire* distale, et que l'urine ne contient pas en quantité décelable de potassium provenant du filtrat glomérulaire; tout le potassium

filtré doit donc être réabsorbé au niveau proximal. Wirz (4), par une méthode expérimentale essentiellement différente, la microponction du tube proximal chez le Rat, suggère un schéma de l'excrétion rénale du potassium identique à celui auquel nous aboutissons dans cette étude.

En outre, la vitesse de renouvellement (R) du potassium contenu dans ce compartiment cellulaire apparaît en corrélation étroite avec la quantité de potassium sécrétée par lui dans l'urine. Le tableau numérique ci-joint donne les résultats moyens obtenus pour chaque lapin.

PHYSIOLOGIE. — *Mise en évidence de protéases dans le cristallin de Rat.* Note (*) de M. **Pierre Fromageot** et Mme **Maryvonne Prioux**, transmise par M. Jacques Tréfouël.

L'on a mis en évidence dans le cristallin total du Rat, une activité protéolytique à l'égard de la caséine, qui ne se manifeste qu'en présence de cystéine ou d'acide ascortique.

Les expériences de F. C. Merriam et V. E. Kinsey (1) font état d'une incorporation nette d'aminoacides dans les protéines du cristallin de lapin. Si cette incorporation correspond à une biogénèse de protéines, il faut penser qu'il doit exister aussi des systèmes protéolytiques. La mise en évidence de ceux-ci a été l'objet des travaux de G. Lo Cascio (2) et de G. Gandolfi (3). Ces auteurs n'ont pu observer d'action protéolytique du cristallin de bœuf à l'égard de la caséine, ni du cristallin humain vis-à-vis de la gélatine. A. C. Krause (4) a trouvé par autolyse de broyat de cristallin de bœuf, après une durée d'incubation de l'ordre de 50 jours, une légère augmentation de l'azote non protéique. La durée de son expérience rend ses résultats peu convaincants. La présente Note montre que l'on trouve des protéases actives aux pH voisins des pH physiologiques.

Les cristallins sont prélevés sur des rats âgés de 5 à 7 mois, pesant entre 200 et 250 g, immédiatement après la mort de l'animal. Ils sont broyés avec de l'eau dans un appareil de Potter, à raison de un cristallin par millilitre d'eau. La suspension de tissus obtenue est utilisée sur le champ. On met à incuber dans un récipient fermé 1 ml de la suspension de cristallin, 2 ml de solution de caséine à 1 % dans la triéthanolamine 0,1 M,

(4) H. Wirz et P. A. Bott, *Proc. Soc. Exp. Biol. et Med.*, 87, 1954, p. 405.

(*) Séance du 25 juillet 1955.

(1) *Arch. Ophtal.*, 43, 1950, p. 979.

(2) *Ann. Clin. Ocul.*, 50, 1922, p. 83.

(3) *Rass. Ital. Ottal.*, 9, 1940, p. 702.

(4) *Arch. Ophtal.*, 10, 1934, p. 631.

6 ml de tampon phosphate 0,1 M et 1 ml de solution de cystéine 0,32 M, à 37° et en agitant. On prélève aux intervalles de temps choisis, 1 ml du milieu que l'on ajoute à 4 ml d'acide trichloracétique à 10 %. On laisse la précipitation s'effectuer pendant une nuit, et l'on mesure la densité optique à 280 mµ dans la solution trichloracétique centrifugée. On a appliqué aussi la technique de Gorini ([5]), qui utilise la coagulation d'un lait artificiel comme test de protéolyse.

Résultats. — Après 70 mn d'incubation, l'on n'observe pas, en l'absence de cystéine, d'activité protéolytique. Même après 1200 mn la densité optique de la solution trichloracétique reste inchangée aux erreurs de mesure près (± 5 % environ). En présence d'une concentration en

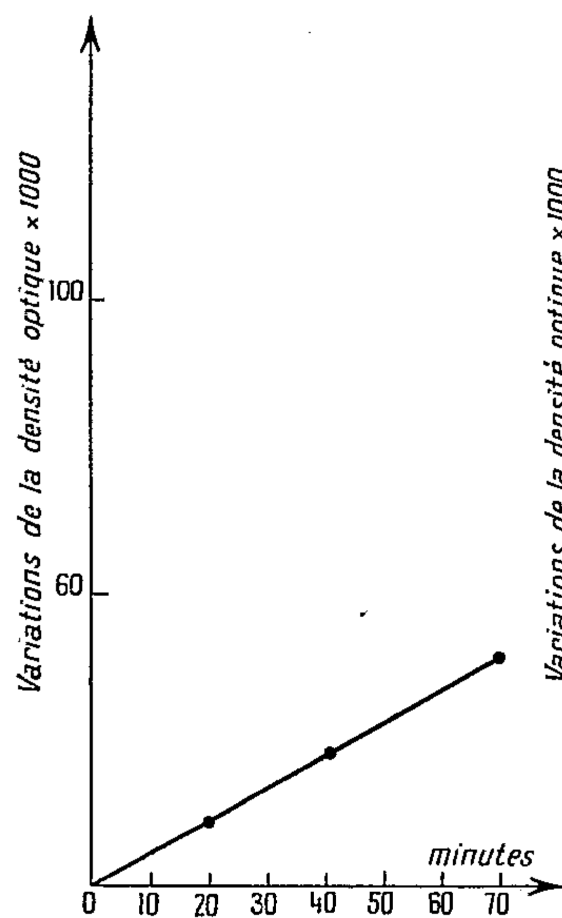


Fig. 1.

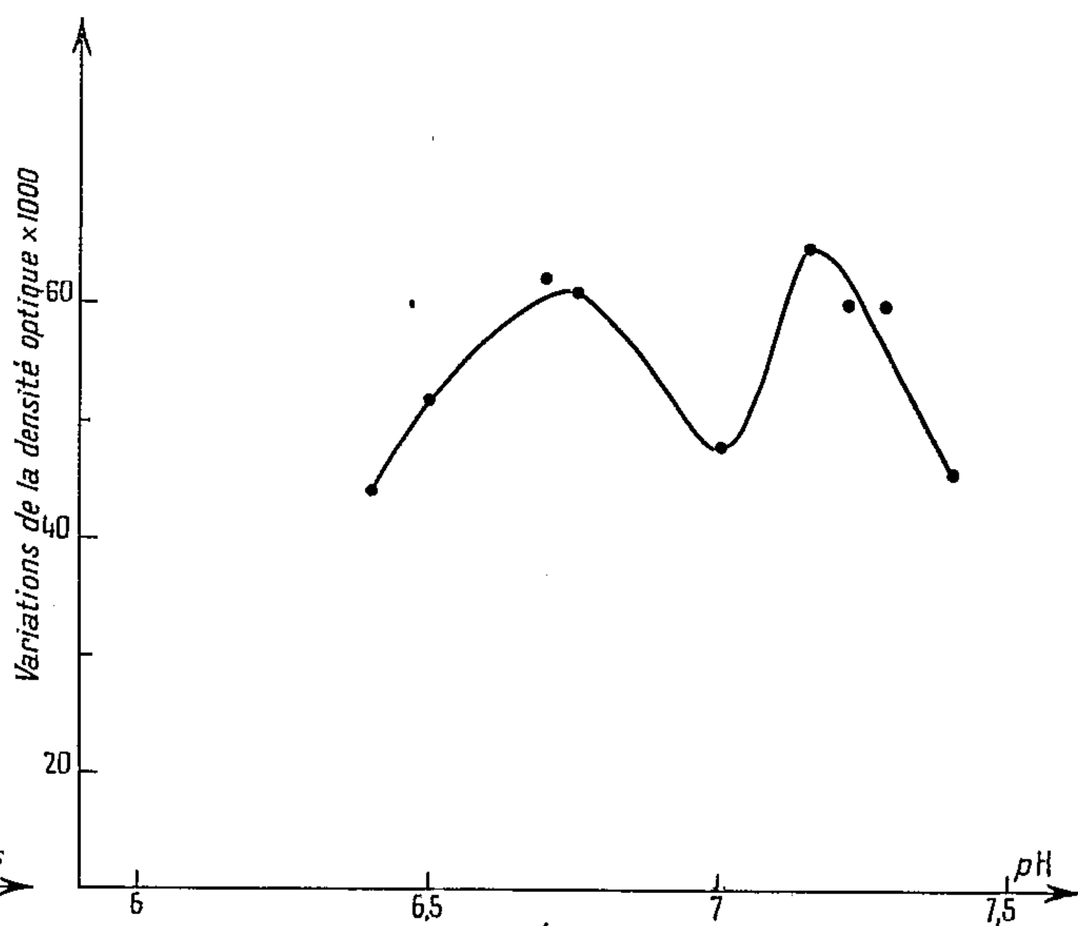


Fig. 2.

cystéine 0,032 M, on constate une augmentation de la densité optique de la solution trichloracétique. La figure 1 montre l'allure de la courbe à pH 7,15. Celle-ci est linéaire. L'activité protéolytique dans des conditions de pH voisines de celles pouvant exister dans le cristallin est donnée par la courbe de la figure 2. On voit qu'il existe deux pH optima, l'un à 6,7, l'autre à 7,2, témoignant de la présence de deux enzymes protéolytiques actifs dans cet intervalle de pH. L'activation des protéases peut être obtenue aussi avec l'acide ascorbique à la concentration 0,04 M. L'activation est du même ordre qu'avec la cystéine. Par contre l'on n'observe, même en présence de cystéine, aucune coagulation du lait, dans des temps allant jusqu'à 60 mn.

([5]) L. GORINI et G. LANZAVECCHIA, *Biochim. Biophys. Acta*, 14, 1954, p. 407.

La mise en évidence de deux systèmes enzymatiques fonctionnant de préférence l'un à pH 6,7, l'autre à pH 7,2, et en présence de cystéine ou d'acide ascorbique, corrobore l'hypothèse d'un renouvellement des protéines du cristallin, que les travaux de Merriam et Kinsey (1) permettaient de formuler. On sait d'autre part que le vieillissement de cristallin s'accompagne d'une diminution de la teneur en groupes sulfhydriles libres (6). La concentration en acide ascorbique décroît aussi (7). On peut penser que la baisse d'activité protéolytique qui en résulte permet aux constituants protéiques, qui ne sont plus éliminés, de vieillir, et éventuellement, de subir une dénaturation qui altère les propriétés optiques du tissu cristallinien.

PHYSIOLOGIE APPLIQUÉE. — *Analyse du mécanisme de l'action curatrice que le para-aminobenzène-sulfamido-isopropylthiodiazol exerce sur le diabète sucré expérimental provoqué par l'alloxane.* Note (*) de MM. **Auguste Loubatières, Pierre Bouyard** et **Christian Fruteau de Laclos**, présentée par M. Léon Binet.

Dans une Note précédente (1), nous avons confirmé que l'hypoglycémie produite par le para-aminobenzène-sulfamido-isopropyl-thiodiazol (PASIT) chez l'animal normal (Chien, Rat, Lapin) peut s'expliquer par l'action stimulante que cette substance exerce sur la sécrétion d'insuline produite par les cellules β des îlots de Langerhans [Loubatières, 1942-1946 (2)]. Nos plus récentes expériences confirment celles de von Holt (3) et montrent que le PASIT altère profondément la structure des cellules α des îlots de Langerhans chez ces trois espèces animales.

Si l'on administre de l'alloxane au Rat, au Chien ou au Lapin, on détermine un diabète sucré post-alloxanique qui se caractérise par la lésion élective des cellules β insulaires. Nous avons pu montrer, chez le Lapin et le Chien diabétiques post-alloxaniques, que l'administration de PASIT (0,5 à 1 g par kilogramme de poids, *per os* ou par voie intramusculaire)

(6) J. Nordmann, *Biologie du cristallin*, Masson, Paris, 1954.

(7) J. Nordmann et H. Van Wiell, *Bull. Soc. Ophtal.*, 1934, p. 136.

(*) Séance du 25 juillet 1955.

(1) A. Loubatières, P. Bouyard et Ch. Fruteau de Laclos, *C. R. Soc. Biol.*, 1955, Filiale de Montpellier, séance du 5 juillet.

(2) A. Loubatières, L. Goldstein, J. Métropolitanski et J. Schaap, 43e *Congrès Méd. Aliénistes et neurologistes de France*, Montpellier, 28-30 octobre 1942; A. Loubatières, *C. R. Soc. Biol.*, 138, 1944, p. 766 et 830; *Arch. int. Physiol.*, 54, 1946, p. 174; *Thèse Doct. Sc. Naturelles*, Montpellier, 1946, n° 1, 117 pages.

(3) C. von Holt, L. von Holt, B. Kroner et J. Kuhnau, *Naturwissenschaften*, 41, 1954, p. 166; *Arch. exp. Pathol. Pharmakol.*, 224, 1955, p. 66 et 78.

provoque l'atténuation de l'intensité du diabète sucré et, dans de nombreux cas, amène la guérison définitive de ce diabète. L'examen microscopique du pancréas montre les lésions concomitantes indiscutables des cellules β et α des îlots.

Chez le Chien diabétique post-alloxanique guéri par le PASIT, l'ablation totale du pancréas fait réapparaître le diabète sucré. Ce fait semble montrer que le nouvel équilibre hormonal et glycémique provoqué chez l'animal diabétique post-alloxanique par l'administration de PASIT a une origine intrapancréatique (lésions successives et finalement concomitantes des cellules β et α des îlots de Langerhans). Le PASIT, en particulier, ne paraît pas léser les cellules du foie.

Chez le Lapin atteint de diabète post-alloxanique guéri par le PASIT, l'administration seconde d'alloxane peut faire réapparaître un diabète sucré atténué que le PASIT peut à nouveau faire disparaître.

Nos expériences semblent montrer d'une part que les cellules α, et en conséquence leur produit de sécrétion interne, le glucagon, jouent normalement un rôle dans la régulation glycémique. Elles montrent en outre que, dans le diabète post-alloxanique caractérisé par la lésion de nombreuses cellules β, la lésion des cellules α par le PASIT permet un nouvel équilibre hormonal et glycémique qui entraîne la disparition des manifestations diabétiques. Elles viennent à l'appui de la notion qu'il existe un antagonisme fonctionnel hormonal entre l'insuline et le glucagon. L'examen de nos coupes histologiques montre en outre que, chez le Lapin, le PASIT est non seulement capable de léser les cellules α mais aussi de stimuler la néoformation de cellules β. On peut expliquer ainsi qu'une seconde administration d'alloxane puisse déterminer à nouveau le diabète sucré en lésant de nouvelles cellules β, détruisant ainsi l'équilibre.

Le nouvel équilibre hormonal et glycémique produit par le PASIT chez les animaux diabétiques post-alloxaniques est vraisemblablement consolidé par la régénération d'îlots normaux ou même relativement riches en cellules β.

CARDIOLOGIE. — *L'électrocardiographie du sinus coronaire chez l'Homme*, Note de MM. **Gaston Giraud** et **Paul Puech**, transmise par M. Léon Binet.

L'électrocardiographie endocavitaire du sinus coronaire, dont nous poursuivons l'étude, enrichit de notions nouvelles l'investigation cardiologique.

Les *courbes auriculaires* sont toujours de type « épicardique » : elles reflètent, selon la position du cathéter, les variations de potentiel de la paroi latérale et du bas fond de l'oreillette gauche et de l'insertion postéro-inférieure du septum inter-auriculaire. Les *courbes ventriculaires* sont plus complexes.

L'exploration est « endocardique » dans la grande veine et le sinus coronaire, car l'électrode surplombe la partie postéro-basale du ventricule gauche; les variations de potentiel sont tantôt « épicardiques », tantôt « endocardiques » à l'extrémité du sillon auriculo-ventriculaire, au bord gauche du cœur; l'exploration est véritablement « épicardique » quand le cathéter est franchement engagé dans la veine cardiaque moyenne.

La *proximité du muscle cardiaque,* auriculaire et ventriculaire, permet d'enregistrer des variations brusques de potentiel sous l'électrode exploratrice, ayant la valeur de déflexions intrinsèques expérimentales.

I. *A l'état normal,* les *auriculogrammes* sont positifs dans la majeure partie du système veineux coronaire explorable (de type Ra sa), et la déflexion intrinsécoïde auriculaire s'inscrit entre 0,070 et 0,095 s, coïncidant avec la fin de l'onde P enregistrée simultanément dans les dérivations périphériques. Ce n'est qu'à l'extrême bord gauche du cœur et à l'orifice du sinus coronaire que l'auriculogramme est diphasique (de type Ra Sa).

Les *ventriculogrammes* de type « endocardique » ont la morphologie QRS ou W (dans la grande veine coronaire près du bord gauche du cœur) et QRs, QRS, QR ou QR dans le sinus coronaire; l'onde T est négative. Les morphologies « épicardiques » ventriculaires sont de type RS — plus rarement RS — au bord gauche du cœur, l'onde T étant positive ou diphasique. Dans la veine cardiaque moyenne, le ventriculogramme affecte le type qRs, avec un très grand voltage de l'onde R, et l'onde T est constamment positive. La déflexion intrinsécoïde s'inscrit entre 0,045 et 0,075 s.

II. L'analyse des *électrocardiogrammes pathologiques* apporte d'utiles compléments d'information.

La *durée réelle* des complexes auriculaires et ventriculaires est souvent mieux appréciée dans les dérivations endocoronaires qui détectent avec précision la fin des activités de l'oreillette et du ventricule gauches.

Les hypertrophies auriculaires gauches et les états de dissociation partielle interauriculaire s'expriment très nettement; le retard d'activation auriculaire gauche et l'asynchronisme d'activation pathologique des deux oreillettes est toujours très évident. Les *hypertrophies auriculaires droites* n'ont au contraire aucune expression particulière. Le diagnostic *d'hypertrophie auriculaire combinée* est facilité par l'exploration coronaire qui dissocie ce qui appartient à l'activité auriculaire gauche dans le complexe auriculaire.

L'*hypertrophie ventriculaire gauche* et surtout le *bloc de branche gauche* s'identifient aisément. Le retard apporté à l'inscription de la déflexion intrinsécoïde dans la grande veine coronaire permet d'apprécier l'importance du trouble de conduction qui retarde l'activation du ventricule gauche.

L'expression électrocardiographique endocavitaire des *hypertrophies ventriculaires droites pures* n'est pas celle des *hypertrophies associées à un bloc incomplet de branche droite.*

Dans le *syndrome de Wolff-Parkinson-White*, l'exploration graphique nous a permis de mettre en évidence la *préexcitation ventriculaire gauche*, chez des patients sujets à des accès de tachycardie paroxystique et dont l'électrocardiogramme de fond était à peine modifié. Cet élargissement du cadre du syndrome de Wolff-Parkinson-White permet la description de formes incomplètes et mineures, comme pour les figures de bloc de branche.

Parmi les *rythmes de haute fréquence auriculaire spontanés*, les tachycardies paroxystiques nodales et le flutter de type commun bénéficient de l'exploration. C'est en effet en dérivation sino-coronaire que l'on met en évidence l'activation auriculaire la plus précoce, apportant la preuve de la *proximité du foyer d'excitation ectopique*, nodal ou paranodal, qui est à l'origine du trouble rythmique;

III. *Les dysrythmies du sinus coronaire* comprennent les troubles du rythme provoqués par l'*excitation mécanique de l'ostium coronarien* et dont l'électrocardiographie endocavitaire démontre l'origine prétawarienne (ou nodale supérieure).

Les *extrasystoles du sinus cononaire* donnent lieu à des complexes auriculaires négatifs en D II, D III et VF, inconstamment acuminés, et le vecteur auriculaire moyen dans le plan frontal se répartit entre — 80 et — 130°. En dérivations précordiales, l'onde P′ en V 1 est habituellement diphasique (négativité première et positivité seconde), parfois positive et alors de faible voltage (la proportion initiale de l'onde P′ n'étant pas visible). En dérivation précordiale gauche V 6, l'one P′ est négative, en règle monophasique.

Survenant sous forme de salves, les extrasystoles du sinus coronaire donnent lieu à des *tachycardies fragmentaires*, avec rythme ventriculaire irrégulier.

Les *rythmes entretenus du sinus coronaire*, substitués au rythme sinusal, reproduisent les « dysrythmies passives » expérimentales du sinus coronaire obtenues chez le Chien après destruction du nœud sinusal.

L'électrocardiographie endocavitaire apporte en outre la preuve de l'existence occasionnelle, sur un fond de rythme cardiaque inchangé, de *complexes de fusion* de l'automatisme physiologique de Keith et Flack, et de l'automatisme supratawarien, et rend compte de la possibilité d'obtenir expérimentalement des rythmes coronaires avec ondes P positives, qualifiées improprement « rythmes nodaux coronaires ».

BIOLOGIE. — *Variation de l'azote total du sang de* Bombyx mori *L. en fonction du sexe pendant la fin de la vie larvaire. Conséquences relatives à l'origine de la soie.* Note (*) de M. **Paul Allégret**, transmise par M. Pierre-P. Grassé.

Une première série d'essais, comportant des dosages individuels de l'azote du sang complet, nous montre des différences significatives de la

(*) Séance du 18 juillet 1955.

teneur de l'hémolymphe en produits azotés pour des larves normales de *Bombyx mori* L. de sexes opposés, dans la période comprise entre la montée à la bruyère et la mue nymphale. Les valeurs moyennes, établies sur 10 échantillons au moins sont exprimées en pour-cent d'azote total par rapport au poids frais de sang dans le tableau I (un seul prélèvement a été réalisé sur chacun des sujets employés, race Roustan 200 × 300).

Tableau I.

Azote total du sang en pour-cent du poids frais.

Moment du prélèvement.	Larves O.	
o h montée...	1,42 ± 0,05	2,16 ± 0,21
24	1,63 ± 0,07	2,25 ± 0,17
48	1,61 ± 0,11	2,09 ± 0,17
72	1,49 ± 0,06	1,92 ± 0,23
96	1,56 ± 0,15	1,74 ± 0,18
120 m. ny. ...	1,62 ± 0,11	1,62 ± 0,12

Tableau II.

Azote total exprimé en pour-cent de l'azote total larvaire.

	Mâles.		Femelles.	
Tissus.	Larves.	Nymphes.	Larves.	Nymphes.
Sang............	10,5	5,5	14,8	7,3
Gl. séric.........	53,9	0,8	47,9	0,8
Carcasse.........	29,7	22,2	31,2	31,0
T. digestif.......	5,9	4,0	6,6	3,8
Dosages complémentaires.				
Soie.............	–	62,9	–	53,0
Excreta larv......	–	3,4	–	3,0
Exuvie larv.......	–	1,2	–	1,1

La teneur azotée du sang, initialement différente pour les larves mâles et femelles, aboutit à une valeur identique, pour les deux sexes, lors de la mue nymphale (1,62 ± 0,12). Il est curieux de constater que les modifications du taux azoté sanguin sont minimes dans le cas des sujets mâles qui, chez *Bombyx mori*, produisent plus de soie que les femelles. Si l'importante quantité de soie élaborée par les larves mâles entre la montée et la mue nymphale provenait d'éléments puisés dans le sang, celui-ci, gardant un taux à peu près constant devrait subir, en volume, une importante diminution.

Nous nous sommes efforcé de mesurer la totalité de l'azote sanguin par la méthode suivante : les vers sont saignés à blanc par ouverture du vaisseau dorsal sur toute sa longueur et lavage abondant à l'eau distillée. Un dosage individuel est réalisé sur l'ensemble de l'hémolymphe et des eaux de lavage. Nous avons, en plus de l'azote sanguin, déterminé la totalité de l'azote larvaire des sujets dont nous avons prélevé le sang en pratiquant parallèlement les dosages suivants : pour les larves à la montée, dosages individuels des fractions azotées présentes dans les glandes séricigènes, le tube digestif et son contenu, et enfin dans le reste de la larve ou carcasse (complexe formé par le tégument, les muscles, les gonades et surtout l'importante masse du tissu adipeux). Après la mue nymphale, les dosages homologues des précédents sont réalisés sur la nymphe et complétés par la détermination des fractions azotées émises avant la mue : azote de la soie, des excreta et de l'exuvie larvaire.

Le tableau II donne les valeurs moyennes obtenues pour des larves mâles et femelles identiques à celles utilisées pour la détermination de la teneur du sang en azote total (série de 10 larves et 10 nymphes de chaque sexe, valeurs exprimées en pour-cent de l'N total initial de la larve à la montée).

L'examen des valeurs moyennes montre que la répartition du capital azoté initial est déjà différente, pour les larves mâles et femelles, au moment de la montée. Au moment de la mue nymphale, cette différence de répartition est encore plus importante : les mâles ont éliminé une très forte quantité de soie (62,9 % de N larvaire initial). La fraction azotée présente dans le sang est réduite (5,5 % d'N larvaire initial pour la nymphe contre 10,5 % chez la larve). La carcasse a subi une forte diminution par rapport à celle de la larve (22,2 % contre 29,7 %).

Pour les femelles, la chute de l'azote sanguin est également importante (14,8 à 7,3 %), mais la persistance dans la carcasse de la nymphe de la presque totalité de l'azote présent dans les tissus homologues de la larve est surtout significative (31,2 pour la larve, 31,0 % pour la nymphe).

De tels bilans, réalisés uniquement sur l'azote total, ne peuvent évidemment rendre compte des transferts multiples et complexes des différents produits azotés; ceux-ci se font tous par l'intermédiaire du sang et l'examen des valeurs obtenues dans les bilans montre que le sang ne peut être de la même façon, pour les deux sexes, la source unique des produits formateurs de soie.

Pour les femelles, il paraît admissible, étant donné la baisse de l'azote sanguin en taux (baisse de 2,16 à 1,62 %) comme en masse globale (14,8 — 7,3 = 7,5 % d'N larvaire initial) et la constance du facteur azoté de la carcasse, de considérer que la faible quantité de soie élaborée après la montée des larves (53,0 — 47,9 = 5,1 % d'N larvaire initial) peut être constituée presque uniquement aux dépens d'éléments puisés directement dans le sang.

Pour les mâles, l'origine de la soie élaborée après la montée doit être, au moins en partie, différente : cette quantité est plus importante (62,9 — 53,9 = 9 % d'N larvaire initial) et la baisse de l'azote sanguin (10,5 — 5,5 = 5 % d'N larvaire) ne peut suffire à sa production.

Une seule origine reste possible, dans le cas des mâles, pour une forte partie des éléments formateurs de soie. C'est la carcasse dont la masse azotée décroît de façon importante à ce moment (29,7 — 22,2 = 7,5 %). Or, l'élément le plus important quantitativement de ce complexe et le plus riche en réserves est le tissu adipeux, qui paraît ainsi subir, chez les larves mâles de *Bombyx mori*, un remaniement précoce avant même la mue nymphale.

GÉNÉTIQUE. — *Le déterminisme génétique de l'isolement sexuel.* Note (*) de Mme **Claudine Petit**, présentée par M. Maurice Caullery.

L'isolement sexuel entre un mutant de *Drosophila melanogaster* et son allélomorphe sauvage a une valeur constante pour une souche donnée, dans des conditions données. Si le chromosome porteur de la mutation est transporté dans une autre souche, la valeur de l'isolement change. Celui-ci apparaît donc comme le résultat de l'interaction du gène mutant et de l'ensemble du génome.

L'isolement sexuel entre mutants d'une même espèce de *Drosophila melanogaster* est un phénomène connu et mesurable. Quelques-uns des facteurs susceptibles de modifier cet isolement ont déjà été analysés.

Des variations de la valeur du coefficient d'isolement sexuel entre souches isogéniques, mesuré à quelques mois d'intervalle, alors que la souche présentait une haute mutabilité, permettaient de penser que la sélection n'est pas la manifestation d'un effet pléiotrope de la mutation, mais la résultante de l'interaction de plusieurs gènes (1).

J'ai vérifié cette hypothèse en comparant l'isolement entre le mutant *white* et son allélomorphe *sauvage* (souche américaine *Oregon R C*), et le même mutant *white* transporté dans une souche *sauvage* capturée à Paris en 1951 et conservée depuis au laboratoire.

Le transfert s'est fait par une méthode génétique classique en utilisant des chromosomes marqués par des mutations visibles inhibitrices d'enjambement. La nouvelle souche, que nous appellerons « souche régénérée », a conservé la mutation *white* et des fractions du chromosome X, ainsi que le cytoplasme de *Oregon*, mais les chromosomes II et III sont ceux de la souche *Paris V*. La souche *white* ainsi « régénérée » a été ensuite isogénisée avec la souche « régénératrice » par des croisements frère par sœur durant huit générations.

Le coefficient d'isolement sexuel K est mesuré de la même façon dans les deux souches. S'il est défini comme la probabilité pour une femelle d'être fécondée par un mâle *mutant* ou *sauvage* et que :

p soit la fréquence des mâles *white* dans la population de mâles;
q celle des mâles *sauvages*;
P la fréquence des femelles fécondées par un mâle *white*;
Q celle des femelles fécondées par un mâle *sauvage*,

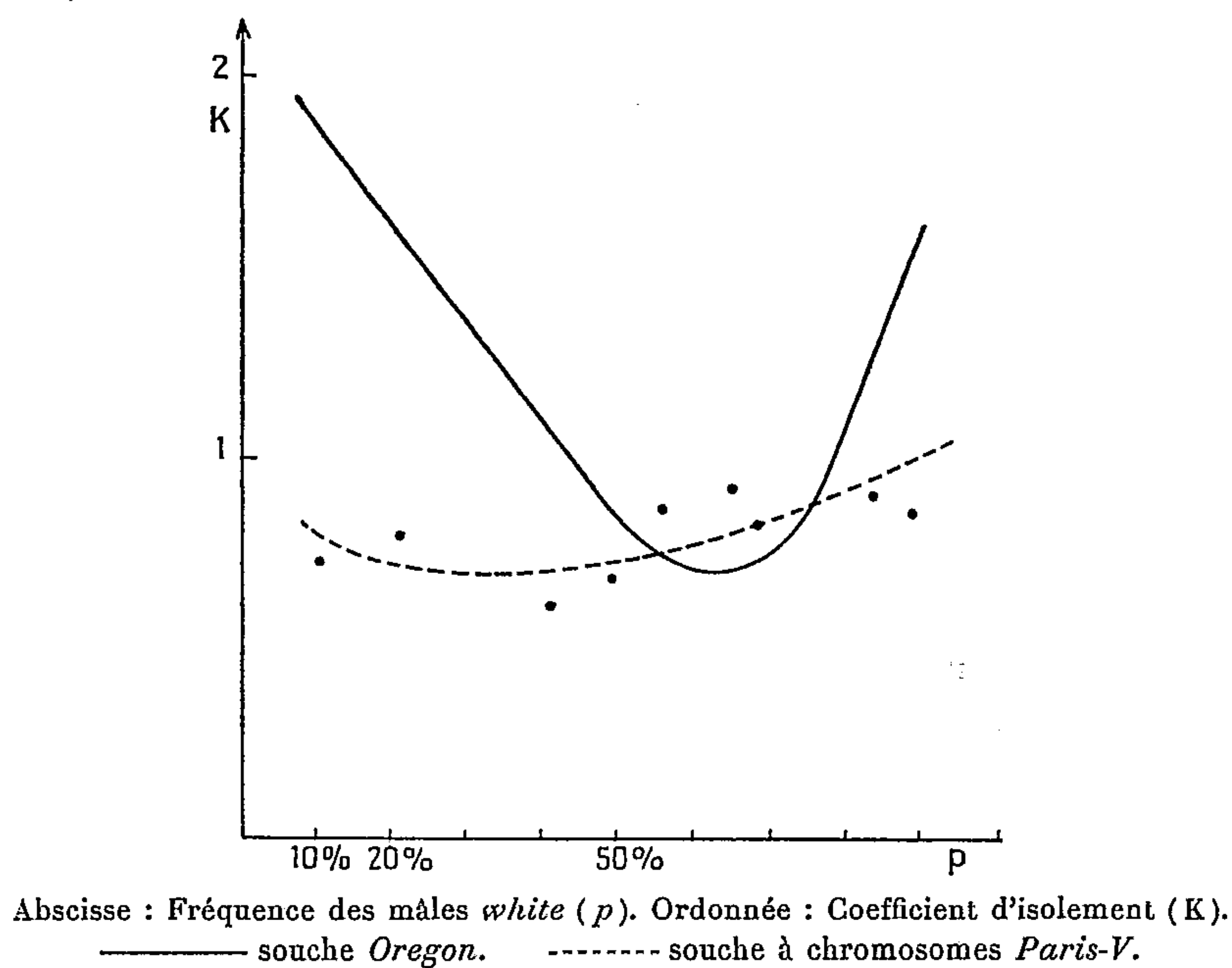
$$K = \frac{P}{Q}\frac{q}{p}$$

(*) Séance du 18 juillet 1955.

(1) C. Petit, *Comptes rendus*, 237, 1953, p. 203; *Bull. biol.*, 88, 4, 1954, p. 435-443.

Une représentation graphique du phénomène, avec, en abscisse, la fréquence des mâles *white* (p), en ordonnée le coefficient K, montre :

1° que ce coefficient varie de façon régulière au cours de l'évolution de la population;



Abscisse : Fréquence des mâles *white* (p). Ordonnée : Coefficient d'isolement (K).
———— souche *Oregon*. -------- souche à chromosomes *Paris-V*.

2° que ses valeurs sont différentes de celles trouvées pour la souche américaine.

L'isolement sexuel apparaît donc bien comme le résultat de l'interaction du gène mutant et de l'ensemble du génome.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Isolement d'un complexe cupro-porphyrinique naturel.* Note (*) de MM. **Jean Canivet**, **Pierre Fallot** et **Jean Artaud**, transmise par M. Jacques Tréfouël.

L'existence chez l'Homme de complexes cupro-porphyriniques est démontrée grâce à l'isolement sous forme cristallisée et à l'identification de ces composés à partir des urines de sujets atteints de porphyrie cutanée.

Les urines des malades atteints de porphyrie sont caractérisées par la présence d'uroporphyrine et de coproporphyrine. Les progrès concernant les techniques d'isolement et d'identification de ces pigments ont permis de déceler d'autres porphyrines accessoires qui se distinguent des précédentes par le nombre de leurs groupements carboxyles ([1]).

(*) Séance du 25 juillet 1955.

([1]) R. E. H. Nicholas et C. Rimington, *Biochem. J.*, 48, 1951, p. 306.

D'autre part, une étude récente a révélé l'existence d'une métalloporphyrine naturelle qui se situe à la partie la plus basse des colonnes chromatographiques d'alumine (²). Le présent travail concerne l'identification de cette métalloporphyrine isolée des urines de deux malades atteints de porphyrie cutanée de l'adulte.

Les pigments pyrroliques ont été extraits et purifiés selon une technique décrite antérieurement (²) et le complexe métalloporphyrinique a été cristallisé sous forme de méthylester. Le produit provenant du premier malade apparaît sous la forme de petites aiguilles courbes fondant à 219-221° C; celui extrait de l'urine du second se présente sous l'aspect d'aiguilles droites fondant à 273-274° C (*fig.* 1). Les deux produits ont

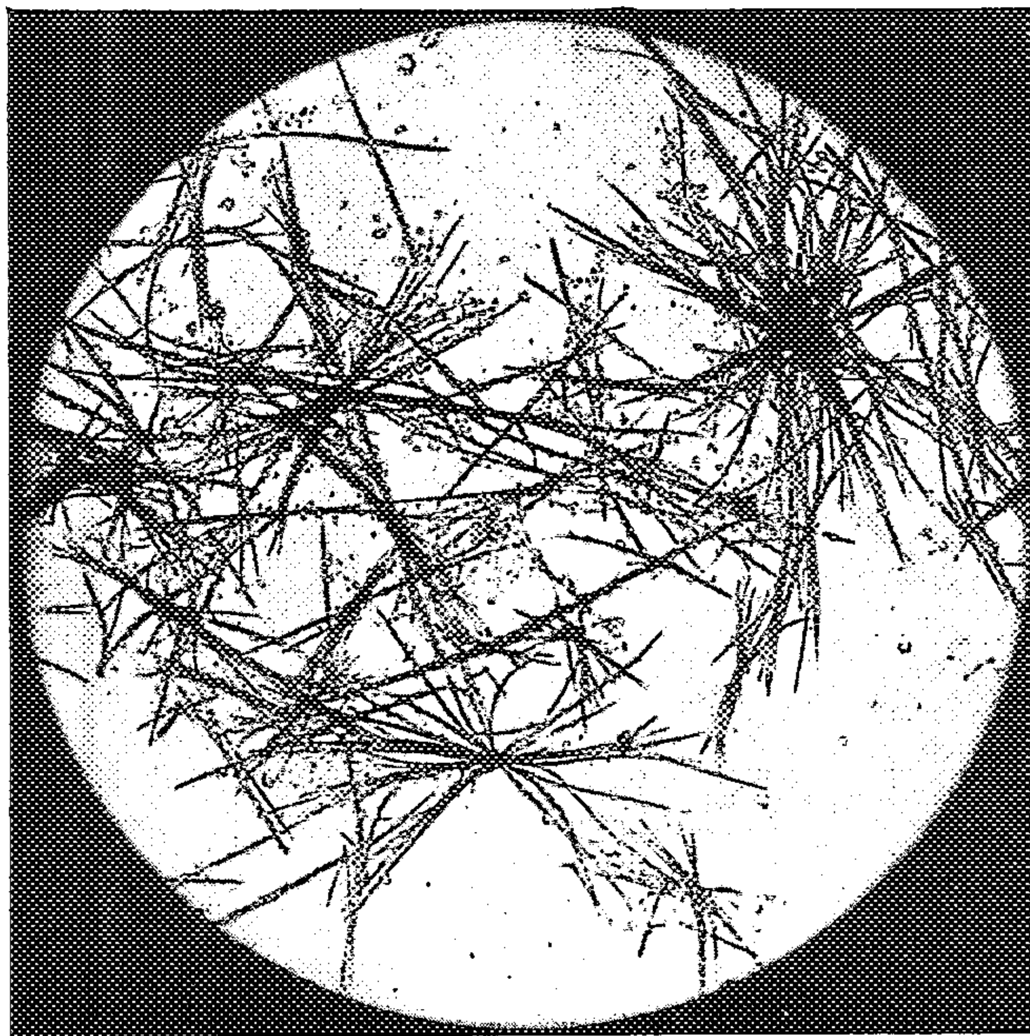


Fig. 1.

un spectre d'absorption identique dans le chloroforme avec deux sommets à 563 et 530 mμ et ne sont pas fluorescents en lumière de Wood.

Les deux composés furent dissociés en vue de l'identification de la porphyrine et du métal.

Le complexe, extrêmement stable, ne peut être rompu que par l'amalgame de sodium en présence de fer réduit à une température de 30° C. Le méthylester de la porphyrine, devenu fluorescent en lumière de Wood, est hydrolysé par l'acide chlorhydrique 7N. La caractérisation de la porphyrine est réalisée, en raison de la faible quantité du produit, par

(²) J. Canivet et C. Rimington, *Biochem. J.*, 55, 1953, p. 867.

chromatographie sur papier (³). Celle-ci révèle, pour les deux échantillons étudiés, l'existence de trois taches distinctes ayant respectivement des Rf de 0,4, 0,6 et 0,8, ce qui correspond à un mélange de trois porphyrines di-, tri- et tétracarboxylées.

Le métal est identifié dans les deux cas et dosé par spectrographie à partir du méthylester cristallisé d'une des métalloporphyrines. Le spectrogramme (*fig.* 2) révèle la prédominance très nette des raies du cuivre, accompagnées des raies beaucoup moins intenses dues à des traces de silicium, de magnésium et d'aluminium. Ces trois derniers éléments proviennent vraisemblablement de la contamination par le verre des

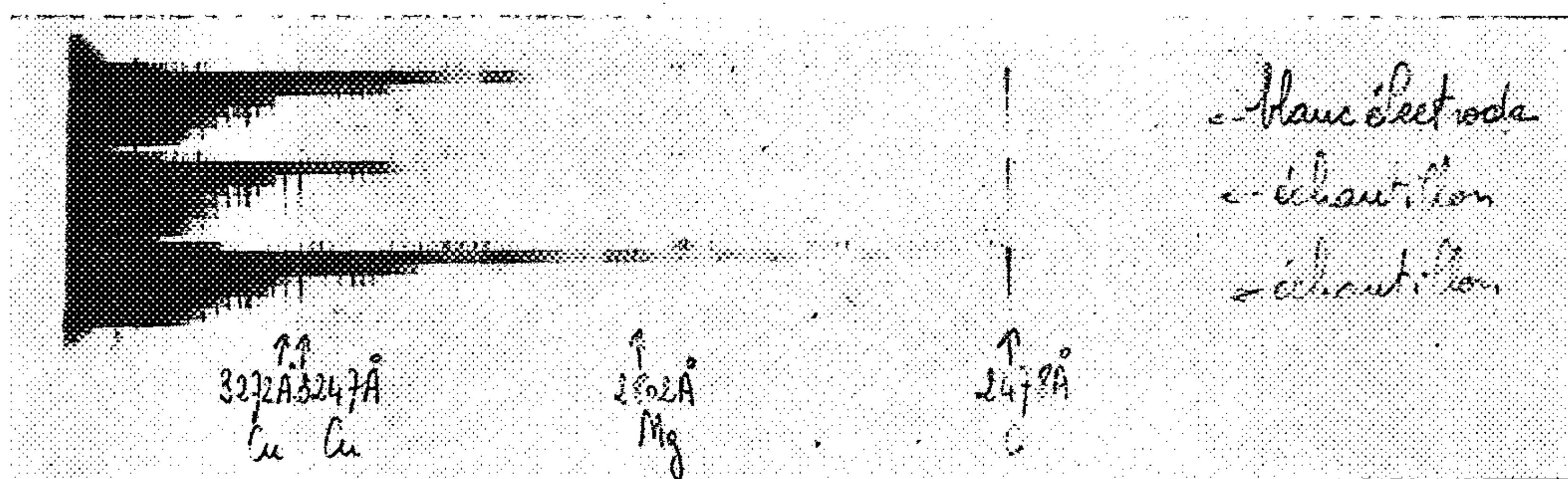


Fig. 2.

flacons et par les adsorbants chromatographiques employés pour l'isolement des pigments.

Le dosage spectrographique du cuivre est effectué, après minéralisation par l'acide nitrique, en mesurant l'intensité de la raie Cu I 3 247,5 Å par rapport au fond continu au voisinage de cette raie et par comparaison avec des étalons de cuivre en solution nitrique. Pour 29 μg de métalloporphyrine, on obtient le chiffre de 2,5 ± 0,25 μg de cuivre ce qui correspond sensiblement à un atome de cuivre par molécule de coproporphyrine.

La métalloporphyrine excrétée dans la porphyrie cutanée de l'adulte est donc un complexe unissant le cuivre à des porphyrines faiblement carboxylées. Ce sont les différences dans la nature de ces porphyrines qui expliquent sans doute le caractère dissemblable de l'aspect cristallisé et la différence de point de fusion des produits provenant des deux malades.

Derrien et ses collaborateurs indiquent l'existence d'un complexe zincoporphyrinique dans l'urine des malades atteints de porphyrie aiguë (⁴); la présente Note montre qu'un complexe cuproporphyrinique peut se rencontrer dans une autre forme de porphyrie.

(³) R. E. H. Nicholas et C. Rimington, *Scand. J. Clin. Lab. Inv.*, 1, 1949, p. 12.

(⁴) E. Derrien et C. Benoit, *Bull. Soc. Chim. France*, 4ᵉ série, 43, 1928, p. 522.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Étude cinétique du métabolisme du glucose et de l'éthanol radioactifs par la levure de boulangerie.* Note (*) de MM. **Gérard Milhaud** et **Jean-Paul Aubert**, transmise par M. Jacques Tréfouël.

Mise en évidence des premiers intermédiaires formés et analyse de leur ordre de succession.

Dans des Notes précédentes nous avons étudié la nature des intermédiaires formés par la levure de boulangerie à partir du glucose et de l'éthanol et proposé un mécanisme de formation des corps de la glycolyse à partir de l'alcool (1), (2), (3).

Dans le présent travail, nous rapportons la cinétique de l'incorporation de la radioactivité dans différents composés pour en déduire leur ordre de formation.

Théoriquement, considérons deux composés A et B, B dérivant de A et étudions en fonction du temps le rapport de la radioactivité incorporée dans chaque corps à la radioactivité totale. Le pourcentage du corps A sera très élevé au voisinage de l'origine, celui du corps B étant nul ou faible; par la suite le pourcentage du corps A diminuera tandis que celui du corps B augmentera jusqu'à ce que les deux corps atteignent un équilibre qui correspond à la saturation complète. Pratiquement, la représentation graphique de cette fonction pour un ensemble de corps d'une même famille biochimique permet de déterminer l'ordre de formation. En effet, si la pente de la courbe d'un corps A est négative et celle d'un corps B positive, on peut conclure que A est précurseur de B. Des considérations semblables ont déjà servi à l'analyse cinétique de la photosynthèse (4).

Techniques. — Les conditions de cultures et d'incubation en présence de substrats radioactifs ainsi que la préparation des chromatogrammes et des radioautogrammes ont été décrites précédemment (1), (2). Pour l'étude cinétique, on fait des prélévements à des temps déterminés dans la cupule de Warburg. La radioactivité est mesurée au compteur de Geiger soit directement sur le papier, soit sur plaque après élution.

Résultats. — Parmi les différents composés formés, nous nous sommes

(*) Séance du 25 juillet 1955.

(1) J. P. Aubert et G. Milhaud, *Comptes rendus*, 240, 1955, p. 1943.

(2) G. Milhaud et J. P. Aubert, *Comptes rendus*, 240, 1955, p. 2178.

(3) J. P. Aubert et G. Milhaud, *Comptes rendus*, 240, 1955, p. 2451.

(4) A. A. Benson, S. Kawauchi, P. Hayes et M. Calvin, *J. Amer. Chem. Soc.*., 74, 1952, p. 4477.

surtout attachés à ceux qui apparaissent les premiers et qui se rattachent directement au schéma de la glycolyse classique ou au cycle citrique : hexoses monophosphates, acide 3-phosphoglycérique, tréhalose, alanine, acide citrique et acide glutamique.

A. *Cas du glucose.* — Après 5 s d'incubation, la radioactivité est présente dans quatre taches : hexoses monophosphates, acide 3-phosphoglycérique, acide phosphoénolpyruvique et alanine. Par la suite, de nombreux autres corps apparaissent et après 5 mn, tous les corps décrits précédemment ([1]) sont présents. Les résultats correspondant aux six corps étudiés sont rapportés sur la figure 1.

B. *Cas de l'éthanol.* — Après 5 s d'incubation, on voit apparaître deux taches, celles des acides citrique et glutamique. Le schéma ultérieur d'in-orporation varie selon que la levure a été cultivée sur éthanol ou sur

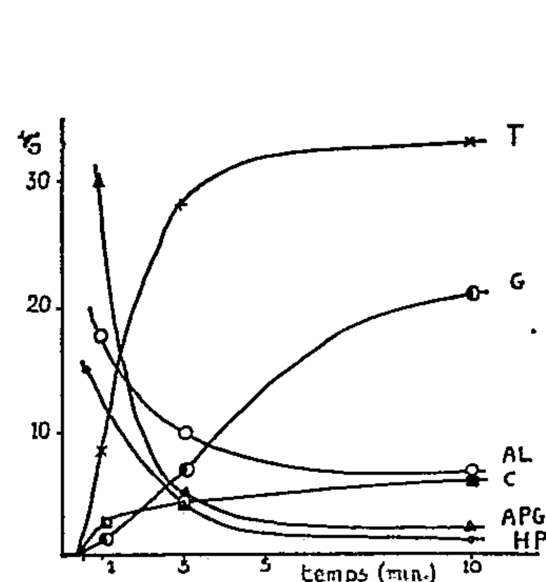


Fig. 1.

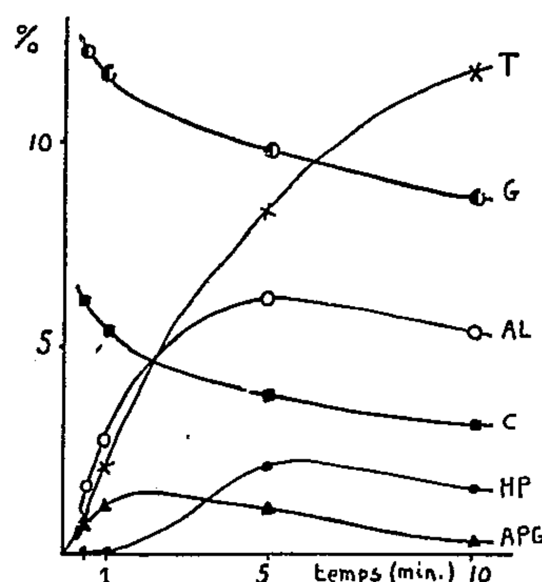


Fig. 2.

Pourcentage de la radioactivité incorporée dans différents composés par rapport à la radioactivité totale présente sur le chromatogramme. HP, hexoses monophosphates; APG, acide 3-phosphoglycérique; T, tréhalose; AL, alanine; C, acide citrique; G, acide glutamique. Dans la figure 2, les valeurs de l'acide glutamique ont été divisées par 5.

glucose. Dans le premier cas, on observe au bout de 5 mn une carte complète identique à celle qui a été décrite précédemment ([2]); dans le second cas aucune radioactivité n'apparaît dans les corps se rattachant à la glycolyse pendant les 30 premières minutes. Au bout de 1 h, la carte est complète. Les résultats cinétiques relatifs au métabolisme de l'éthanol par la levure cultivée sur éthanol sont rapportés sur la figure 2.

Discussion. — Les courbes de la figure 1 s'accordent avec le schéma classique de la dégradation du glucose puisqu'aussi bien les hexoses phosphates et l'acide 3-phosphoglycérique précèdent l'apparition des acides citrique et glutamique. D'autre part, l'alanine qui dérive de l'acide pyruvique, se comporte comme l'acide 3-phosphoglycérique. Si l'on prolonge l'expérience jusqu'à 1 h, on s'aperçoit que le pourcentage des corps décrits passe par un maximum sauf celui du tréhalose qui tend vers une

limite (50 %). Ceci indique que le tréhalose s'accumule à l'intérieur de la cellule.

Les courbes de la figure 2 montrent que les acides citrique et glutamique sont formés en premier et que, d'autre part, les hexoses phosphates et le tréhalose apparaissent après l'acide 3-phosphoglycérique. L'alanine se comporte comme l'acide 3-phosphoglycérique et le tréhalose s'accumule comme dans le cas du glucose.

CONCLUSION. — L'étude cinétique de l'incorporation de la radioactivité permet d'établir l'ordre de formation des corps d'une même famille. Appliquée au cas de l'assimilation du glucose par la levure, cette méthode confirme les notions déjà connues. Dans le cas de l'alcool, les acides citrique et glutamique sont les premiers intermédiaires décelables; la formation d'acide 3-phosphoglycérique précède celle des hexoses phosphates et du tréhalose, confirmant ainsi la réversibilité de la glycolyse établie par la méthode de dégradation ([3]).

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Étude de quelques polyosides capsulaires produits par des souches de* Pseudomonas fluorescens. Note (*) de MM. **Robert G. Eagon** et **Raymond Dedonder**, transmise par M. Jacques Tréfouël.

Une étude a été faite sur onze souches de *Ps. fluorescens* qui toutes produisent un polyoside capsulaire. Un examen de ces polyosides par chromatographie sur papier montre qu'ils diffèrent assez largement les uns des autres. Le fucose ou le rhamnose sont présents dans les polyosides de huit des onze souches, la glucosamine dans une souche. Nous n'avons pas mis en évidence d'acide uronique.

En recherchant les souches de *Ps. fluorescens* capables de synthétiser des lévanes nous avons observé que certaines des souches testées formaient des polyosides capsulaires. Eagon et Randles ont montré que *Ps. fluorescens* OSU 64, cultivé sur milieu liquide, sans agitation, avec de l'acétate comme source de carbone produisait une grande quantité d'un polyoside constitué exclusivement de mannose ([1]).

Nous examinons ici brièvement la production de polyosides capsulaires par une série de souches de *Ps. fluorescens* (collection du Service des Fermentations de l'Institut Pasteur), isolées par M. P. Villecourt. Ces organismes sont cultivés en flacons agités, à 30° sur milieu minéral ([2]) ajusté à pH 7,3, avec 6 g pour 100 ml de glycérol. Toutes les souches sauf 25 B

(*) Séance du 25 juillet 1955.

([1]) R. G. Eagon et C. I. Randles, *Bacteriological Proceedings*, 54 th General Meeting, 1954, p. 100; *ibid.*, *Archives of Biochemistry* (sous presse).

([2]) N. Grelet, *Ann. Inst. Pasteur*, 81, 1951, p. 430.

et 35 B croissent sur ce milieu en produisant un polyoside capsulaire. Toutefois la croissance est plus rapide si l'on ajoute un peu d'autolysat de levure et les souches 25 B et 35 B ne croissent qu'en présence d'autolysat. Sauf pour ces deux souches, nous avons utilisé dans ce travail des cultures sur milieu minéral sans autolysat.

A cause de leur nature capsulaire, les polyosides sont difficiles à séparer des cellules. On obtient cette séparation en agitant d'abord la culture dans un homogénéiseur (« mixer »), puis en chauffant 15 mn dans un bain-marie bouillant. On élimine les corps microbiens par centrifugation, puis précipite les polyosides par 3 vol d'alcool. On centrifuge, lave avec de l'alcool à 80°, puis redissout et traite au bain-marie bouillant, 5 mn, par de la soude à 1,5 %. On reprécipite à l'alcool, redissout dans l'eau, dialyse reprécipite à l'alcool et sèche à l'éther.

Ces polyosides sont hydrolysés dans de l'acide sulfurique N pendant 6 h à 100°. On utilise pour la neutralisation trois procédés différents : 1° le carbonate de baryum; 2° un échangeur d'anions, type amine-phénol; 3° l'utilisation successive d'un échangeur d'anions et d'un échangeur de cations. Les hydrolysats sont examinés qualitativement par chromatographie sur papier (Whatman I), avec le mélange butanol-acide acétique-eau (4 : 1 : 1). Ce mélange ne sépare pas nettement le galactose du glucose. La présence de galactose ne peut donc être affirmée en aucun des cas, bien qu'elle soit probable dans le polyoside de la souche 35 B. La table suivante montre la composition des produits d'hydrolyse des polyosides des différentes souches.

Souche.	Glucose (galactose ?).	Mannose.	Glucosamine.	Fucose.	Rhamnose.	Xylose.
11..........	X	–	X	X	–	–
35 B........	X	X	–	–	X	–
25 B........	X	X	–	X	–	X
14 A........	X	–	–	–	X	–
14 B........	X	–	–	–	X	–
2 A.........	X	–	–	–	X	–
21 A........	X	–	–	–	–	–
22 A........	X	–	–	–	–	–
23 A........	X	–	–	–	–	–
131	X	–	–	–	X	–
180	X	–	–	X	X	–

Les produits d'hydrolyse sont donc assez variables suivant les souches. Le glucose est présent partout, un méthylpentose, fucose ou rhamnose apparaît dans 8 des 11 souches. Nous n'avons pu mettre d'acide uronique en évidence et la souche 11 est la seule à présenter une quantité décelable d'un sucre aminé.

PHARMACOLOGIE. — *Constitution chimique et activité anesthésique locale.*

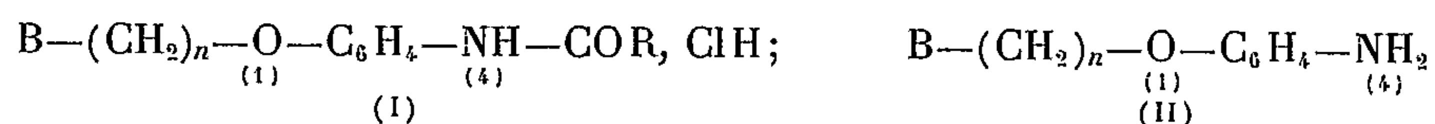
Note de MM. **René Giudicelli**, **Pierre Chabrier** et **Henry Najer**, transmise par M. Marcel Delépine.

Les auteurs montrent que l'amidification de certains tertio-aminoalkoxy-1 amino-4 benzènes, dénués d'action anesthésique locale de surface, conduit à des produits possédant cette propriété pharmacodynamique.

Nous avons montré que la transformation du groupement NH_2 en un groupement NH—COOR dans un certain nombre d'esters aminés dérivés de l'acide *p*-aminobenzoïque ([1]) et d'éther-oxydes aminés de l'ortho et du para-aminophénol ([2]) et ([3]) conduit à des carbamates dont certains sont doués d'une activité anesthésique locale très supérieure à celle de la cocaïne.

Dans cette Note, nous étudions l'influence qu'exerce sur cette propriété pharmacodynamique la transformation du groupement aminé en groupement amidé.

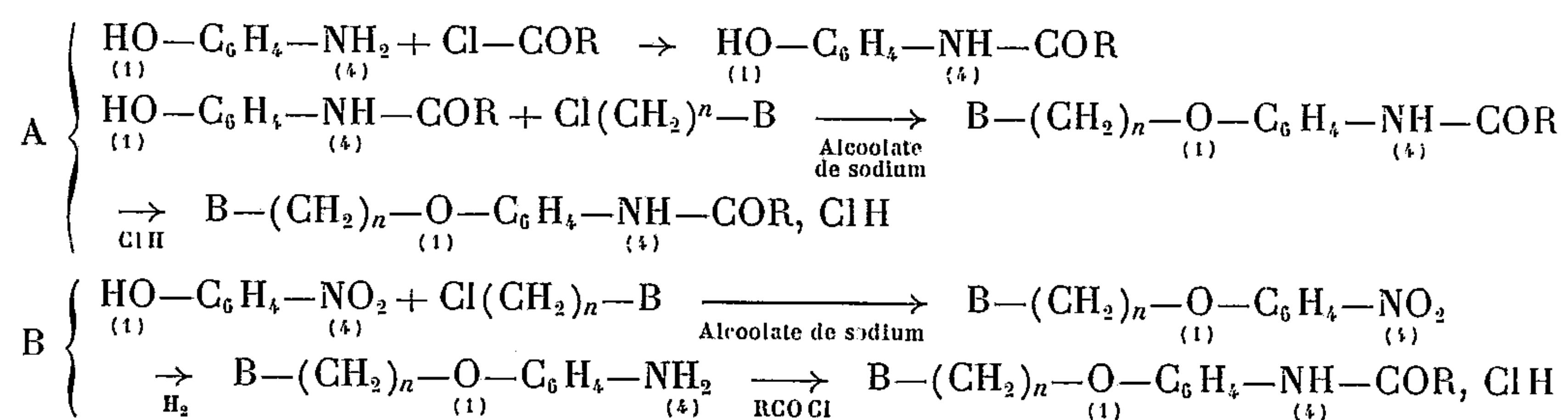
J. Régnier, R. Delange et R. Bernier, ayant déjà étudié l'activité anesthésique locale de certains amides de la procaïne ([4]), nous avons fait porter notre étude uniquement sur les amides dérivés du *p*-aminophénol de formule générale (I), dérivant des amines (II), elles-mêmes dépourvues d'action anesthésique locale,



$$B-(CH_2)_n-\underset{(1)}{O}-C_6H_4-\underset{(4)}{NH}-COR,\ ClH \quad (I); \qquad B-(CH_2)_n-\underset{(1)}{O}-C_6H_4-\underset{(4)}{NH_2} \quad (II)$$

dans lesquelles B = diéthylamino, morpholino ou pipéridino; $n = 2$ ou 3.

La préparation des amides (I) se fait selon l'une ou l'autre des méthodes A et B schématisées ci-dessous :



$$A \begin{cases} \underset{(1)}{HO}-C_6H_4-\underset{(4)}{NH_2}+Cl-COR \rightarrow \underset{(1)}{HO}-C_6H_4-\underset{(4)}{NH}-COR \\ \underset{(1)}{HO}-C_6H_4-\underset{(4)}{NH}-COR+Cl(CH_2)^n-B \xrightarrow[\text{Alcoolate de sodium}]{} B-(CH_2)_n-\underset{(1)}{O}-C_6H_4-\underset{(4)}{NH}-COR \\ \xrightarrow[ClH]{} B-(CH_2)_n-\underset{(1)}{O}-C_6H_4-\underset{(4)}{NH}-COR,\ ClH \end{cases}$$

$$B \begin{cases} \underset{(1)}{HO}-C_6H_4-\underset{(4)}{NO_2}+Cl(CH_2)_n-B \xrightarrow[\text{Alcoolate de sodium}]{} B-(CH_2)_n-\underset{(1)}{O}-C_6H_4-\underset{(4)}{NO_2} \\ \xrightarrow[H_2]{} B-(CH_2)_n-\underset{(1)}{O}-C_6H_4-\underset{(4)}{NH_2} \xrightarrow[RCOCl]{} B-(CH_2)_n-\underset{(1)}{O}-C_6H_4-\underset{(4)}{NH}-COR,\ ClH \end{cases}$$

Le tableau ci-après indique, pour un certain nombre des composés nouveaux du type (I) : le point de fusion, la toxicité (DL 50 ou dose léthale 50 %), par

([1]) *Comptes rendus*, 239, 1954, p. 1440.

([2]) *Comptes rendus*, 240, 1955, p. 1586.

([3]) *Comptes rendus*, 240, 1955, p. 2358.

([4]) *Ann. Pharm. Franç.*, 3, 1945, p. 60.

voie intraveineuse chez *la Souris blanche*, l'activité anesthésique locale de surface mesurée par la méthode de Régnier ([5]) et exprimée comparativement à celle du chlorhydrate de cocaïne considérée comme égale à 1.

$$B—(CH_2)_n—\underset{(1)}{O}—C_6H_4—\underset{(4)}{NH}—COR,\ ClH.$$

R	$B = —N(C_2H_5)_2$ $n = 2$. F (*) (° C).	DL 50 (**)	Activité.	$B = —N\langle\ \rangle O$ $n = 2$. F (*) (° C).	DL 50 (**)	Activité.	$B = —N\langle\ \rangle O$ $n = 3$. F (*) (° C).	DL 50 (**)	Activité.	$B = —N\langle\ \rangle$ $n = 2$. F (*) (° C).	DL 50 (**)	Activité.
CH_3	149	0,105	<0,02	216	0,61	<0,02	-	-	-	-	-	-
C_2H_5	185-186	0,105	0,02	176	0,42	<0,02	-	-	-	-	-	-
C_3H_7	153	0,11	0,1	197	0,35	<0,02	-	-	-	207	0,083	<0,1
C_4H_9	157	0,07	0,2	186	0,24	0,03	-	-	-	194	0,055	0,2
C_5H_{11}	171	0,105	0,2	170	0,095	0,1	-	-	-	-	-	-
C_7H_{15}	141	0,03	4	185	0,075	2	196	0,085	0,5	201	0,037	2
C_8H_{17}	121	0,03	5	178	0,07	2	189	0,065	1	195	Sol. insuf.	4,5
C_9H_{19}	116	0,03	2,5	178	0,095	2	195	Sol. insuf.	Sol. insuf.	195	»	4,5
$C_{11}H_{23}$	-	-	-	168	0,125	Sol. insuf.	-	-	-	-	-	-
$C_{13}H_{27}$	-	-	-	174	0,125	»	-	-	-	-	-	-
C_6H_5	193	0,035	0,02	200	0,19	0,10	-	-	-	-	-	-
$C_6H_5—CH_2$	167	0,105	0,05	209	0,30	<0,10	-	-	-	-	-	-
$C_6H_5—CH_2—CH_2$	178	0,06	0,2	186	0,17	0,05	-	-	-	-	-	-

(*) Point de fusion (en ° C) instantanée pris au bloc Maquenne.

(**) Déterminée, chez la Souris blanche, par la méthode de Kaërber et Behrens, et exprimée en gramme par kilogramme.

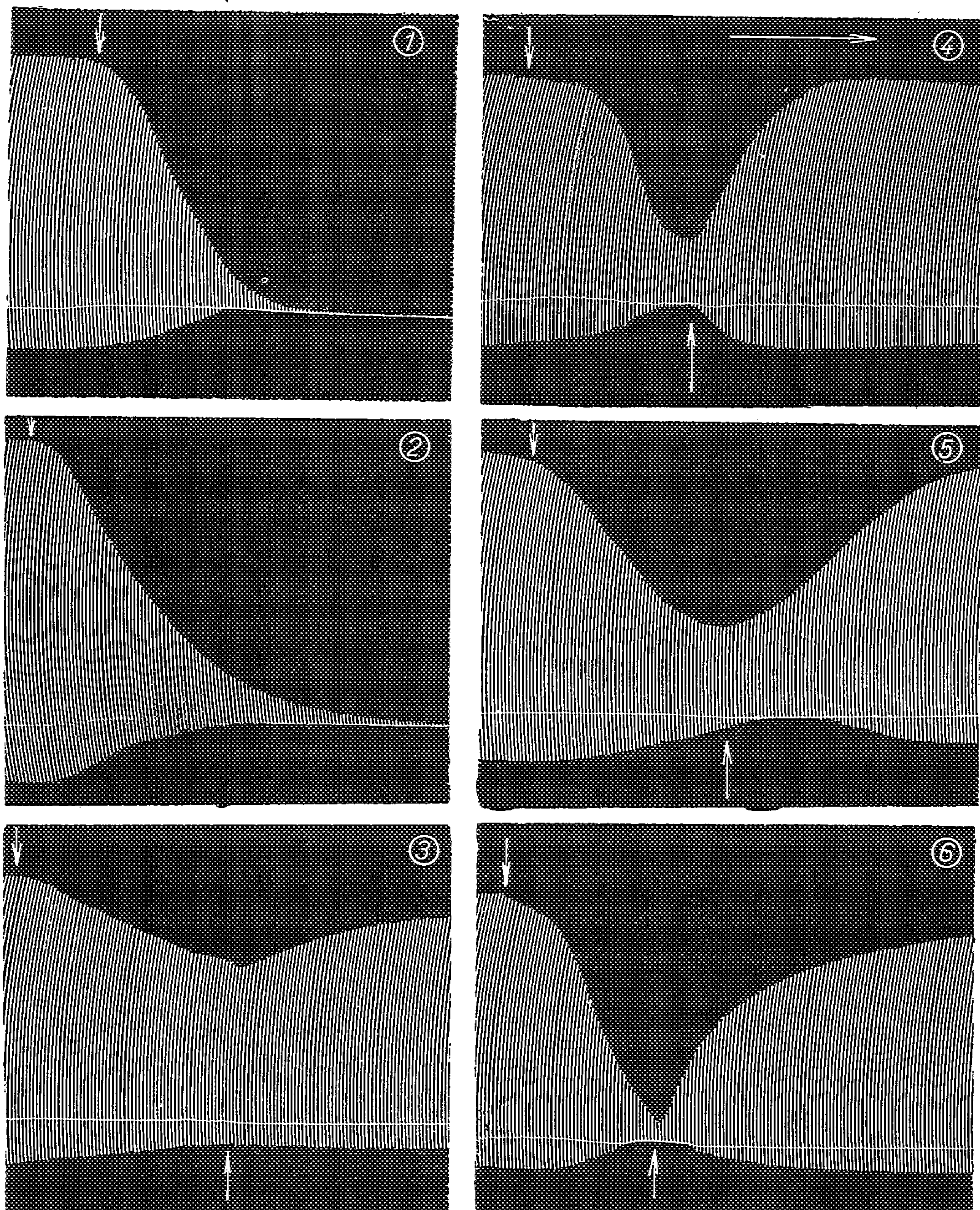
En conclusion : 1° l'amidification, au moyen d'acides alkanoïques, aromatiques ou aralkanoïques, de certains tertio-aminoalkoxy-1 amino-4 benzènes, dénués de pouvoir anesthésique local de surface, confère cette propriété à la molécule avec une intensité variable selon la nature de l'acide employé. Dans le cas des acides alkanoïques, le maximum d'activité s'observe lorsque le nombre d'atomes de carbone du radical R de la fonction NH—COR est 7, 8 ou 9, les amides (I) correspondants possédant une activité 2 à 5 fois plus forte que celle de la cocaïne. Les amides étudiés sont donc moins actifs que les carbamates correspondants. 2° L'activité anesthésique locale dépend également de la nature de l'amine tertiaire.

PHARMACODYNAMIE. — *Action antagoniste de la thiamine vis-à-vis des effets paralysants musculaires de curarisants acétylcholinomimétiques.* Note (*) de MM. **Jean Cheymol**, **François Bourillet** et **Lothar Kerp**, présentée par M. Léon Binet.

Alors qu'il existe de nombreuses substances (ésérine, néostigmine, ten-

([5]) *Comptes rendus*, 177, 1923, p. 558; *Thèse* Doctorat Médecine, Paris, 1929.

(*) Séance du 25 juillet 1955.



Toutes substances additionnées à un bain de 150 ml. Doses indiquées en concentration. Dix stimuli/minute, vitesse d'enregistrement 0,14 mm/s. En 1. — Action paralysante de la succinyldicholine (↓) 1 : 3.10^5. En 2. — Action paralysante propre de la thiamine (↓) 1 : 5.10^2. En 3. — Action paralysante de l'acétylcholine à forte dose (↓) 1 : $2,5.10^3$; (↑) reprise des mouvements par thiamine 1 : $1,5.10^2$. En 4. — Action paralysante de la succinyldicholine (↓) 1 : 3.10^5; (↑) reprise des mouvements par thiamine 1 : $7,5.10^2$. En 5. — Action paralysante du décaméthonium (↓) 1 : 5.10^4; (↑) reprise des mouvements par thiamine 1 : $7,5.10^2$. En 6. — Action paralysante du 606 H. C (↓) 1 : $8,5.10^4$; (↑) reprise des mouvements par thiamine 1 : $7,5.10^2$.

silon, etc.) capables d'assurer la reprise des mouvements musculaires inhibés par les curarimimétiques, peu sont susceptibles de jouer un tel rôle envers les effets des curarisants acétylcholinomimétiques ([1]), ([2]), ([3]).

Au cours d'un travail d'ensemble qui sera publié par ailleurs nous avons constaté un pouvoir de ce genre à la thiamine.

Les essais sont réalisés sur la préparation nerf phrénique-diaphragme isolés du Rat selon Bulbring, modifiée par Garcia de Jalon et West ([4]), liquide de Tyrode modifié selon R. Taugner et A. Fleckenstein ([5]). Quelques résultats typiques sont portés sur la figure ci-jointe.

Sur cette préparation l'acétylcholine (à forte concentration) et les curarisants du type acétylcholinomimétique [succinyldicholine, *tracé* (1), décaméthonium, 606 H. C. ([6])], entraînent selon les doses une diminution ou un arrêt des contractions.

La thiamine qui, à faible concentration ($1:3.10^3$ à $1:10^3$) augmente l'amplitude de la contraction enregistrée, à concentration plus élevée conduit au bloc total de la transmission neuro-musculaire ($1:5.10^2$), *tracé* (2).

Aux concentrations voisines de celles entraînant l'arrêt des contractions, elle est capable de faire reprendre les mouvements diaphragmatiques inhibés par l'acétylcholine, *tracé* (3) ou par les trois curarisants acétylcholinomimétiques envisagés : succinyldicholine (4), décaméthonium (5) et 606 H.C. (6).

La séance est levée à 15 h 35 m.

L. B.

---

(1) *Voir* J. Cheymol, *Actual. pharmacol.*, 1954, 7e série, Masson, Paris, p. 35-71.

(2) M. J. Dallemagne, E. Phillippot, *Experientia*, 9, 1953, p. 427-428, indiquent un tel pouvoir pour quelques corps comme la paludrine.

(3) W. Rummel, R. Schulz, *Arch. exper. Path. ùnd Pharmakol.*, 222, 1954, p. 591, indiquent un tel pouvoir pour la caféine.

(4) *Voir* J. Cheymol, E. Corteggiani, *Ann. pharm. fr.*, 7, 1949, p. 368-395.

(5) *Arch. exper. Path. ùnd Pharmakol.*, 209, 1950, p. 286.

(6) J. Cheymol, R. Delaby, P. Chabrier, H. Najer, F. Bourillet, *Arch. inter. Pharmacodyn. et Thérapie*, 98, 1954, p. 161-182.



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 8 AOUT 1955.

PRÉSIDENCE DE M. GASTON JULIA.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **PRÉSIDENT** signale à l'Académie la présence de MM. **ALEXANDRE VASSILIEVICH TOPCHIEV**, Secrétaire général scientifique de l'Académie des sciences de l'U. R. S. S., et **GODOFREDO GARCIA**, Président de l'Académie de San Marcos, à Lima. Il leur souhaite la bienvenue et les invite à prendre part à la séance.

M. **A. V. TOPCHIEV** a reçu, le mois dernier, à l'Académie des sciences de Moscou, une délégation d'universitaires français parmi lesquels se trouvaient cinq membres de l'Académie : MM. ROBERT COURRIER, ARNAUD DENJOY, ROGER HEIM, PIERRE-PAUL GRASSÉ et MAURICE LEMOIGNE. M. **ROBERT COURRIER** profite de la présence de M. **TOPCHIEV** à la séance pour le remercier ; il le prie de transmettre à l'Académie des sciences de l'U. R. S. S. l'expression de la gratitude de la délégation française pour l'accueil cordial et généreux qui lui a été réservé en Union Soviétique.

MAGNÉTISME. — *Énergie des parois de Bloch dans les couches minces.* Note (*) de M. **LOUIS NÉEL**.

On montre que l'énergie d'une paroi de Bloch, située dans une couche mince continue, augmente d'abord à mesure que l'épaisseur de la couche diminue, passe par un maximum puis reprend sa valeur normale quand la couche est devenue excessivement mince.

Comme l'a montré F. Bloch ([1]), la paroi séparant deux domaines élémentaires, d'aimantation spontanée J_1 et J_2, possède une épaisseur finie $2a_0$ à l'intérieur de laquelle l'aimantation spontanée tourne progressivement de la direction de J_1 à la direction de J_2. Donnons en effet à la paroi une épaisseur arbitraire $2a$. L'énergie de cette paroi est la somme de deux termes dont le premier E_w représente l'énergie de Weiss-Heisenberg et est inversement proportionnel à a ; le second E_c provient de l'énergie magnétocristalline et est proportionnel à a. Il en résulte qu'en désignant par γ_0 et a_0 deux constantes,

(*) Séance du 1er août 1955.

([1]) *Z. Physik*, 74, 1932, p. 295.

l'énergie totale E_t s'écrit sous la forme

$$E_t = E_w + E_c = \frac{1}{2}\gamma_0\left(\frac{a_0}{a} + \frac{a}{a_0}\right) \tag{1}$$

qui met en évidence le fait que E_t possède un minimum égal à γ_0 pour $a = a_0$. Pour du fer et pour une paroi séparant deux domaines aimantés antiparallèlement, on obtient (²) environ $\gamma_0 = 1,4$ erg/cm² et $a_0 = 10^{-5}$ cm.

On a pris l'habitude de considérer γ_0 et a_0 comme deux constantes dont la valeur ne dépend que de la nature de la substance. En réalité, il n'en est ainsi que pour les parois dont les dimensions latérales sont très grandes vis-à-vis de a_0. Or il existe en pratique des domaines élémentaires dont les dimensions ne sont que de quelques microns ainsi que des couches minces uniformes dont l'épaisseur est plus faible encore : la condition précédente n'est plus alors remplie.

Considérons par exemple, dans une couche mince plane d'épaisseur uniforme D, deux domaines aimantés antiparallèlement dans le plan de la couche et séparés par une paroi plane, perpendiculaire au plan de la couche et parallèle à l'aimantation spontanée des domaines adjacents. A l'intérieur de cette paroi, l'aimantation spontanée tourne progressivement de 180°, en restant parallèle au plan de la paroi. La densité volumique de magnétisme reste partout nulle mais une densité superficielle apparaît à l'intersection de la paroi avec la surface de la couche : là, dans une bande de largeur $2a$, la densité superficielle varie entre 0 et $+J_s$ ou entre 0 et $-J_s$ (J_s = aimantation spontanée). Dans l'expression de l'énergie s'introduit un terme magnétostatique qui fait augmenter l'énergie de la paroi et en fait diminuer l'épaisseur.

Pour évaluer ces effets en fonction de D, supposons que la paroi se déforme en conservant la même épaisseur, partout à l'intérieur de la couche mince. L'énergie magnétostatique est en gros égale à celle de deux bandes de largeur a, portant des densités de charge $+J_s$ et $-J_s$ et situées à une distance D l'une de l'autre. L'énergie correspondante est approximativement l'énergie de champ démagnétisant d'un cylindre elliptique droit de section aD, d'un rapport d'axe D/a, et d'aimantation J_s parallèle au grand axe de longueur D. L'énergie magnétostatique E_m, rapportée à 1 cm² de paroi, s'écrit alors :

$$E_m = \frac{2\pi a^2 J_s^2}{a + D}.$$

Comme nous le montrerons plus loin, il faut supposer que a est petit devant D. Dans ces conditions l'énergie totale $E'_t = E_w + E_c + E_m$ s'écrit ici en première approximation sous la forme

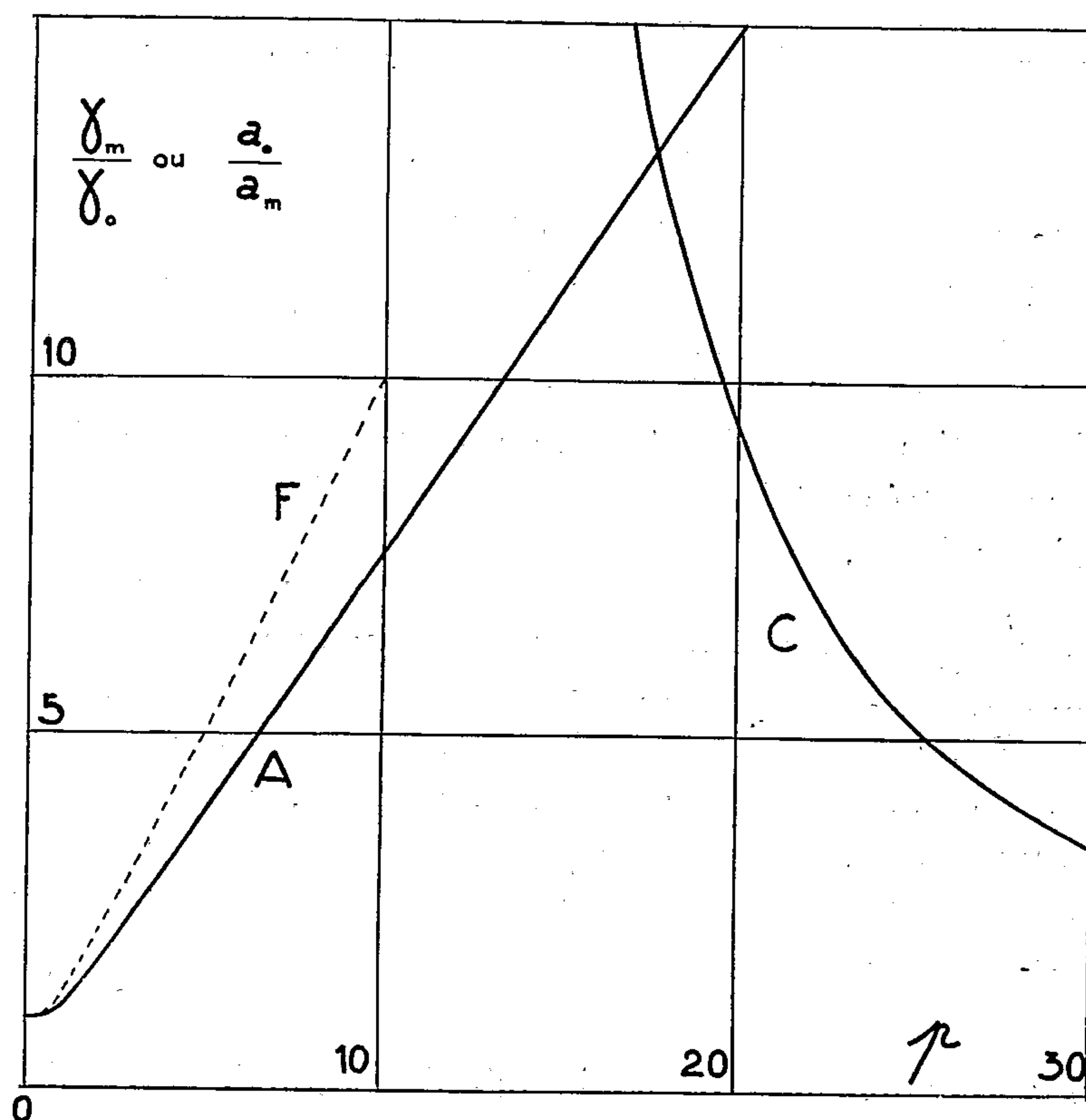
$$\frac{2E'_t}{\gamma_0} = x + \frac{1}{x} + \frac{1}{2}p^3 x^2$$

(²) L. Néel, *Cahiers de Phys.*, 25, 1944, p. 1.

après avoir posé

$$x = \frac{a}{a_0}; \qquad p^3 = \frac{8\pi J_s^2 a_0^2}{\gamma_0 D}.$$

La recherche du minimum de E'_t est élémentaire; donnons simplement les résultats. En désignant par a_m et γ_m les valeurs de l'épaisseur et de l'énergie de paroi correspondant au minimum de E'_t, nous avons représenté sur la figure, en fonction du paramètre p, les valeurs de a_0/a_m (courbe F) et de γ_m/γ_0 (courbe A).



A titre d'application, prenons une couche de fer ($J_s = 1700$) d'épaisseur $D = 5.10^{-5}$ cm; on a alors $p^3 = 105$ et l'on déduit des courbes tracées $a_m = 0,21\, a_0$ et $\gamma_m = 3,6\gamma_0$. Dans une couche mince de fer de 0,5 μ d'épaisseur, les parois de Bloch sont ainsi 5 fois moins épaisses que les parois normales et ont une énergie près de 4 fois plus grande : il s'agit donc d'un effet important.

L'allure de la courbe A qui est asymptote à la droite $\gamma_m/\gamma_0 = 3p/4$ montre que γ_m devrait augmenter indéfiniment à mesure que D diminue. En réalité, lorsque a devient grand devant D, l'aimantation spontanée, en tournant à l'intérieur de la paroi de la direction de J_1 à celle de J_2, préfère rester dans le plan de la couche plutôt que dans le plan de la paroi : l'énergie totale minimum est plus faible. L'énergie magnétostatique est alors approximativement celle

de deux bandes parallèles, portant des densités de charge $+J_s$ et $-J_s$, de largeur D et distantes de a. Cette énergie s'égale en première approximation à celle d'un cylindre elliptique droit, de section aD, de rapport d'axe égal à D/a, aimanté suivant le grand axe qui est cette fois-ci celui de longueur a. L'énergie magnétostatique de 1 cm² de paroi est alors

$$E'_m = \frac{2\pi a D J_s^2}{a + D}$$

Quand D est petit devant a, cette énergie tend vers la valeur $2\pi D J_s^2$ indépendante de l'épaisseur a de paroi. La paroi conserve donc dans ces conditions son épaisseur normale a_0 tandis que son énergie γ_m est une fonction de D donnée par

$$\gamma_m = \gamma_0 + 2\pi D J_s^2.$$

En adoptant les valeurs numériques indiquées plus haut relatives au fer, nous avons représenté sur la figure, en C, les valeurs de γ_m/γ_0 en fonction de p. La courbe C coupe la courbe A au voisinage du point $p = 17,5$; $\gamma_m/\gamma_0 = 13,5$ qui marque le moment où l'aimantation spontanée passe d'un mode de rotation à l'autre : les parties des courbes A et C qui sont voisines de ce point ne doivent d'ailleurs pas être très précises, à cause des approximations faites au dénominateur de E_m ou de E'_m.

Finalement, il faut en conclure que lorsque l'épaisseur d'une lame mince continue diminue, l'énergie d'une paroi perpendiculaire au plan de la couche passe par une valeur maximale et tend à nouveau vers sa valeur normale pour les couches très minces. Pour le fer, ce maximum est atteint au voisinage de D = 100 Å et est au moins dix fois plus grand que la valeur normale.

Il est possible que ce processus soit, tout au moins en partie, responsable de l'augmentation du champ coercitif qui apparaît lorsqu'on diminue l'épaisseur des lames minces continues ferromagnétiques (3).

M. le **Président** informe l'Académie qu'à l'occasion de la fête de l'Assomption, la prochaine séance hebdomadaire aura lieu le mercredi 17 août au lieu du lundi 15.

Les Ouvrages suivants sont présentés par M. **Robert Courrier** :

Académie des sciences de l'U. R. S. S. Sessia Akademii nauk SSSR po mirnomou ispolizovaniou atomnoi energii. 1-5 ioulia 1955. (Session de l'Académie des sciences de l'U. R. S. S. sur l'utilisation pacifique de l'énergie atomique). *Plenarnœ zasedanie. Zasedania otdelenia fiziko-matematitcheskik naouk. Zasedania otdelenia khimitcheskik naouk. Zasedania otdelenia biologitcheskik naouk. Zasedania otdelenia teknitcheskik naouk.*

(3) L. Néel, *Remarques sur la théorie des propriétés magnétiques des couches minces et des grains fins* (*Colloque sur les propriétés magnétiques des lames minces*, Alger, 1955).

Académie bulgare des sciences. *Izvestia Institouta po Morphologia*. Volume I. *Spisanie na Bioulgarskata Akademia na naoukite*. Kn. 1-2. *Comptes rendus*, Tomes 1 à 7.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Services américains d'information. *Structure de l'Agriculture américaine*.

2° Ejercito argentino. *Resena historica del Instituto geografico militar. Su mision y su obra*.

3° Instituto geografico militar argentino. *Atlas*, n°s 1, 2.

ÉQUATIONS AUX DÉRIVÉES PARTIELLES. — *Sur certains systèmes d'équations aux dérivées partielles quasi linéaires* (II). Note de M. **Jacques Ezra**, transmise par M. Joseph Pérès.

On indique une variante de la méthode opérationnelle exposée précédemment. On montre, sur l'exemple d'un système de type elliptique, son application à l'étude des problèmes aux limites.

Envisageons un autre aspect du calcul présenté dans une Note [1] antérieure, relatif au système

$$\text{(II)} \qquad \frac{\partial}{\partial x}X^i(xyuv) = \frac{\partial}{\partial y}Y^i(xyuv) + Z^i(xyuv). \qquad (i=1, 2,)$$

$f(M, M_0)$ désigne ici une fonction de $M(xy)$ à dérivées secondes continues dans le domaine D, au lieu d'une parametrix. x_0 et y_0 sont des paramètres, coordonnées de M_0 dans D.

La relation III devient ainsi :

$$\text{(III } bis\text{)} \qquad \int_D f^0_{y^2}Y^1\,dx\,dy - \int_D f^0_y Z^1\,dx\,dy - \int_D f^0_{xy}X^1\,dx\,dy + \int_C f^0_y(Y^1\,dx + X^1\,dy) = 0.$$

$u(xy)$ et $v(xy)$ étant fixés, solutions du système, cette relation peut être considérée comme une équation intégrale de première espèce d'inconnue $Y^1(xy)$, de noyau $f^0_{y^2}$

$$\int_D f^0_{y^2}Y^1\,dx\,dy = \mathcal{J}^0(x\,y\,u\,v).$$

Si l'on trouve un opérateur résolvant $\mathfrak{T}^0$ pour un choix convenable de f^0,

---

[1] *Comptes rendus*, 240, 1955, p. 270.

les solutions de (II) vérifient

(IV *bis*) $$Y^1[x_0 y_0 u(x^0 y^0) v(x_0 y_0)] = \mathfrak{T}^0 . \mathcal{J}(x y u v).$$

Problème aux limites linéaire pour le système de type elliptique

(1) $$u_x - v_y = A(x y u v) \qquad u_y + v_x = B(x y u v).$$

Les solutions éventuelles vérifient

(2) $$\left\{\begin{aligned} \int_D (f^0_{x^2} + f^0_{y^2})\, u\, dx\, dy &= \int_D -(f^0_x A + f^0_y B)\, dx\, dy \\ &\quad + \int_C (f^0_x v - f^0_y u)\, dx + (f^0_x u + f^0_y v)\, dy \\ \int_D (h^0_{x^2} + h^0_{y^2})\, v\, dx\, dy &= \int_D (-h^0_x B + h^0_y A)\, dx\, dy \\ &\quad + \int_C -(h^0_x u + h^0_y v)\, dx + (h^0_x v - h^0_y u)\, dy. \end{aligned}\right.$$

On étudie les solutions de (1) dans un domaine D convexe limité par une courbe simple fermée suffisamment régulière C. Sur C d'arc (s) est satisfaite une relation linéaire donnée

(3) $$u\, l(s) + v\, m(s) = r(s), \qquad \text{(coefficients à dérivée continue)}$$

d'une forme telle que le système linéaire :

$$u_x - v_y = a(xy), \qquad u_y + v_x = b(xy)$$

admette dans D une solution unique vérifiant (3), quels que soient a et b continus lipschitziens.

Le problème est de déterminer les fonctions auxiliaires f^0 et h^0 telles que :

1° leurs valeurs sur la frontière C de D font que les intégrales au contour sont des fonctions de M_0 définies par les données;

2° pour les points M intérieurs à D :

$$f^0_{x^2} + f^0_{y^2} = F(M, M_0), \qquad h^0_{x^2} + h^0_{y^2} = H(M, M_0),$$

F et H continus étant astreints à définir des transformations intégrales dans D opérant sur les seconds membres des relations (2) considérés comme fonctions de M_0. (Existence et unicité de l'opérateur inverse désigné par $\mathfrak{T}^0$ dans la méthode générale).

On utilise une application ponctuelle convenable du domaine D sur un quart de plan, où l'on connaît de telles transformations intégrales. (Celles de Fourier ou Laplace à deux dimensions, par exemple).

On définit ensuite $F(M, M_0)$ et $H(M, M_0)$ par l'application inverse à partir du noyau de l'intégrale exprimé dans le quart du plan.

Les formules (2) deviennent :

$$(4)\quad \begin{cases} \int_D F(M, M_0)u\,dx\,dy = \int_D -(f_x^0 A + f_y^0 B)\,dx\,dy + \int_C N^0 r'(s)\,ds, \\ \int_D H(M, M_0)v\,dx\,dy = \int_D (-h_x^0 B + h_y^0 A)\,dx\,dy + \int_C Q^0 r'(s)\,ds. \end{cases}$$

D'après un raisonnement classique, on définit alors un ensemble de transformations T opérant sur les couples de fonctions continues à dérivées premières bornées mesurables dans D + C, normées par

$$\| u, v \| = \max_{D+C}(\text{env. sup. } |u|, |v|) + \max_{D+C}\left(\text{env. sup. } \left|\frac{\partial u}{\partial x_i}\right|, \left|\frac{\partial v}{\partial x_i}\right|\right).$$

La transformation est définie par

$$(U, V) = T(u, v),$$

si dans D :

$$U_x - V_y = A(xyuv), \qquad U_y + V_x = B(xyuv)$$

et si sur C :

$$U l(s) + V m(s) = r(s).$$

Grâce aux propriétés des transformations intégrales de noyaux F, H, les équations de type (4) liant (U, V) à (u, v) montrent que l'opération T est continue et complètement continue sur un ensemble convexe fermé $\| u, v \| \leqq R$ sous des hypothèses convenables sur les fonctions de quatre variables A et B : par exemple lipschitziennes à coefficients bornés par rapport à chacune des variables.

Le théorème du point fixe de M. Schauder (²) assure alors l'existence d'un couple $u(xy)$, $v(xy)$, invariant par T, solution du problème aux limites (3) pour le système (1).

ESPACE DE HILBERT. — *Sur certaines courbes dans l'espace de Hilbert.* Note (*) de MM. **Alberto Calderón** et **Allen Devinatz**, présentée par M. Jean Leray.

Soit $\mathcal{H}$ un espace de Hilbert réel, U_t un groupe faiblement continu de transformations orthogonales de $\mathcal{H}$ à un paramètre réel t, et $f(0)$ un élément de $\mathcal{H}$ tel que $f(t) = U_t f(0)$ ait une infinité de dérivées fortes par rapport à t. Si l'on applique la définition de la dérivée on obtient aisément $f'(t) = U_t f'(0)$, et par induction, $f^{(n)}(t) = U_t f^{(n)}(0)$. La norme de $f^{(n)}(t)$ est donc constante et égale à celle de $f^{(n)}(0)$.

(²) *Studia mathematica*, **2**, 1930, p. 171.

(*) Séance du 27 juin 1955.

Dans cette Note nous voulons démontrer que, réciproquement, si $f(t)$ et toutes ses dérivées ont des normes constantes, alors $f(t)$ est de la forme $f(t) = U_t f(0)$ où U_t est un groupe de transformations orthogonales, à condition que les nombres μ_n définis par $\mu_{2n} = \|f^{(n)}\|^2$, $\mu_{2n+1} = 0$ admettent une représentation unique comme les moments d'une distribution de masses sur l'axe réel. Si cette dernière condition n'est pas remplie le résultat cesse d'être valable. Géométriquement on peut interpréter ceci comme le fait qu'une courbe à courbures constantes n'est déterminée par la donnée de ses courbures et de son repère intrinsèque en un point que si sa matrice de Frenet multipliée par $i = \sqrt{-1}$ est essentiellement autoadjointe. Nous reviendrons sur ceci à la fin de cette Note.

Commençons par démontrer que si les normes des $f^{(n)}(t)$ sont toutes constantes, les fonctions $[f^{(n)}(t), f^{(m)}(t)]$ sont des constantes aussi. En dérivant $[f^{(n)}(t), f^{(n)}(t)]$ on obtient $[f^{(n)}, f^{(n+1)}] = 0$. Si l'on suppose que $[f^{(n)}, f^{(m)}]$ est indépendant de t pour $n + m = k$ en dérivant de nouveau on obtient

$$[f^{(n+1)}, f^{(m)}] = -[f^{(n)}, f^{(m+1)}] = \ldots = \pm\left[f^{\left(\frac{n+m+1}{2}\right)}, f^{\left(\frac{n+m+1}{2}\right)}\right]$$

si $n + m$ est impair et

$$[f^{(n+1)}, f^{(m)}] = \ldots = \pm\left[f^{\left(\frac{n+m}{2}+1\right)}, f^{\left(\frac{n+m}{2}\right)}\right] = 0$$

si $n + m$ est pair; $[f^{(n)}, f^{(m)}]$ est donc constant aussi pour $n + m = k + 1$, et une induction achève la démonstration.

Considérons maintenant l'espace complexe de Hilbert $\overline{\mathcal{H}} = \mathcal{H} + i\mathcal{H}$ de tous les vecteurs $u + iv$, u, $v \in \mathcal{H}$. Soit $\mathcal{M}$ le sous-espace de $\overline{\mathcal{H}}$ déterminé par les $f^{(n)}(0)$, $n = 0, 2, 4, \ldots$, $\mathcal{N}$ celui déterminé par les $f^{(n)}(0)$, $n = 1, 3, 5, \ldots$, et $\mathcal{L}$ leur complément orthogonal. Comme $[f^{(n)}(0), f^{(m)}(0)] = 0$ si $n + m$ est impair, $\mathcal{N}$ et $\mathcal{M}$ sont orthogonaux. Posons $Tx = -x$ pour $x \in \mathcal{N}$ et $Tx = x$ pour x appartenant à $\mathcal{M}$ ou $\mathcal{L}$, et introduisons la conjugaison J, $J(u + iv) = T(u - iv)$, u, $v \in \mathcal{H}$ (¹).

D'autre part soit H l'opération linéaire définie par $Hf^{(n)}(0) = -if^{(n+1)}(0)$, $H\mathcal{L} = 0$. Comme l'ensemble des vecteurs $f^{(n)}(t)$ bouge rigidement, toute relation linéaire valable pour les $f^{(n)}(0)$ est valable pour les $f^{(n)}(t)$, et par dérivation reste aussi valable si l'on remplace $f^{(n)}(t)$ par $f^{(n+1)}(t)$. L'opération H est par conséquent bien définie et, comme on voit aisément, symétrique et réelle par rapport à la conjugaison introduite plus haut, et il existe alors un prolongement $\overline{H}$ autoadjoint réel de H. Alors

$$f^{(n)}(0) = i\overline{H}f^{(n-1)}(0) = \ldots = i^n\overline{H}^n f(0),$$
$$[f^{(n)}(0), f^{(m)}(0)] = i^{n-m}[\overline{H}^n f(0), \overline{H}^m f(0)] = i^{n-m}[\overline{H}^{n+m} f(0), f(0)]$$

(¹) *Voir* F. Riesz et Béla Sz. Nagy, *Leçons d'Analyse Fonctionnelle*, 2ᵉ éd., Budapest, 1953, p. 327.

et comme $[f^{(n)}(0), f^{(m)}(0)] = 0$ pour $n+m$ impair on obtient

$$\mu_n = [\overline{\mathrm{H}}^n f(0), f(0)] = \int_{-\infty}^{+\infty} \lambda^n \, d[\mathrm{E}_\lambda f(0), f(0)],$$

où les E_λ sont les projections de la résolution spectrale de $\overline{\mathrm{H}}$, ce qui montre que les μ_n sont des moments.

Si le problème des moments pour les μ_n est déterminé, la mesure $d[\mathrm{E}_\lambda f(0), f(0)]$ est unique. D'autre part on a aussi

$$i^{m-n}[\mathrm{E}_\sigma f^{(n)}(0), f^{(m)}(0)] = [\mathrm{E}_\sigma \overline{\mathrm{H}}^n f(0), \overline{\mathrm{H}}^m f(0)]$$
$$= \int_{-\infty}^{+\infty} \lambda^{n+m} \, d[\mathrm{E}_\lambda \mathrm{E}_\sigma f(0), f(0)] = \int_{-\infty}^{\sigma} \lambda^{n+m} \, d[\mathrm{E}_\lambda f(0), f(0)]$$

et comme les $f^{(n)}(0)$ déterminent $\mathfrak{M} + \mathfrak{N}$, si E est la projection sur $\mathfrak{M} + \mathfrak{N}$ les $\mathrm{E}_\lambda \mathrm{E}$ sont aussi déterminées, c'est-à-dire $\overline{\mathrm{H}}\mathrm{E}$ et par conséquent $\overline{\mathrm{H}} = \overline{\mathrm{H}}\mathrm{E}$ est déterminée univoquement et coïncide avec la fermeture de H.

Soit maintenant V_t l'opération définie par $\mathrm{V}_t f^{(n)}(0) = f^{(n)}(t)$, $\mathrm{V}_t \mathfrak{L} = 0$. Alors pour tout g du domaine de H, $\mathrm{V}_t g$ est fortement différentiable et

$$\frac{d}{dt}\mathrm{V}_t g = i\mathrm{V}_t \mathrm{H} g.$$

Par continuité ceci vaut aussi pour tout g du domaine de la fermeture de H. Si le problème des moments pour les μ_n est déterminé, la fermeture $\overline{\mathrm{H}}$ de H est autoadjointe, et il existe des g tels que $\|\overline{\mathrm{H}}^n g\| \leqq \mathrm{A}^n$, la constante A dépendant de g. Posons maintenant $\mathrm{U}_t = \exp(i\overline{\mathrm{H}}t)$ et E égale à la projection sur $\mathfrak{M} + \mathfrak{N}$. Alors on a

$$\frac{d}{dt}\mathrm{U}_t \mathrm{E} g = i\mathrm{U}_t \mathrm{E}\overline{\mathrm{H}} g$$

et

$$\frac{d^m}{dt^m}\mathrm{U}_t \mathrm{E} g = i^m \mathrm{U}_t \mathrm{E}\overline{\mathrm{H}}^m g.$$

Si g est telle que $\|\overline{\mathrm{H}}^n g\| \leqq \mathrm{A}^n$ la fonction $\mathrm{U}_t \mathrm{E} g$ est analytique. Également la fonction $\mathrm{V}_t g$ est analytique, et comme les deux fonctions et leurs dérivées coïncident avec les vecteurs $i^n \overline{\mathrm{H}}^n g$, $n = 0, 1, \ldots$ pour $t = 0$, on a $\mathrm{V}_t g = \mathrm{U}_t \mathrm{E} g$. Comme ceci vaut pour un ensemble dense de vecteurs g il résulte que $\mathrm{V}_t = \mathrm{U}_t \mathrm{E}$. En particulier on a $f(t) = \mathrm{V}_t f(0) = \mathrm{U}_t \mathrm{E} f(0) = \mathrm{U}_t f(0)$. D'autre part l'espace $\mathcal{H}$ est invariant par rapport aux transformations U_t et alors leurs restrictions à U_t forment un groupe orthogonal. Pour voir ceci il suffit de remarquer que les éléments de $\mathcal{H}$ sont caractérisés par l'équation $\mathrm{TJ}x = x$ et montrer que $\mathrm{TJU}_t = \mathrm{U}_t \mathrm{TJ}$ ce qui implique que $\mathrm{U}_t \mathcal{H} \subset \mathcal{H}$. On a en effet $\mathrm{TJ}(i\overline{\mathrm{H}}) = i\overline{\mathrm{H}}\mathrm{TJ}$ et comme $d\mathrm{U}_t/dt = \mathrm{U}_t(i\overline{\mathrm{H}})$, si l'on pose $\mathrm{W}_t = \mathrm{TJU}_t - \mathrm{U}_t \mathrm{TJ}$ on obtient $\mathrm{W}_0 = 0$ et $d\mathrm{W}_t/dt = \mathrm{W}_t(i\overline{\mathrm{H}})$, et en raisonnant comme plus haut on tire en conclusion $\mathrm{W}_t = 0$.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Étude de l'écoulement turbulent dans un divergent.* Note (*) de MM. **Antoine Craya** et **Jean-Pierre Milliat**, présentée par M. Joseph Pérès.

Résultats de mesure concernant les distributions des vitesses moyennes et leurs fluctuations longitudinales, dans diverses sections transversales d'un divergent bi-dimensionnel d'angle total égal à 2° et pour deux nombres de Reynolds. Un régime d'équilibre caractérisé par une affinité de ces distributions a été constaté dans la partie aval du divergent et la transition vers ce régime explorée.

Nous avons décrit précédemment ([1]) l'installation et les appareils de mesure utilisés en vue d'étudier l'écoulement turbulent dans un divergent bi-dimensionnel.

Les équations du mouvement permettent de prévoir, dans l'hypothèse d'un écoulement moyen radial, la possibilité d'un régime d'équilibre caractérisé par une similitude des profils des vitesses moyennes et des tensions de Reynolds. La similitude du profil des vitesses moyennes résulte immédiatement de l'équation de continuité; posant alors $U/U_1 = f(\varphi)$, les équations de Reynolds s'écrivent

$$\frac{r}{U_1^2}\frac{\partial \frac{\overline{p}}{\rho}}{\partial r} = f^2 - \frac{r}{U_1^2}\left(\frac{\partial \overline{u^2}}{\partial r} + \frac{1}{r}\frac{\partial \overline{uv}}{\partial \varphi} + \frac{\overline{u^2} - \overline{v^2}}{r}\right) + \frac{\nu}{U_1 r} f'',$$

$$\frac{r}{U_1^2}\frac{\partial \frac{\overline{p}}{\rho}}{r\,\partial \varphi} = -\frac{r}{U_1^2}\left(\frac{\partial \overline{uv}}{\partial r} + \frac{1}{r}\frac{\partial \overline{v^2}}{\partial \varphi} + \frac{2\,\overline{uv}}{r}\right) + \frac{2\nu}{U_1 r} f',$$

r et φ, coordonnées polaires d'un point par rapport au sommet et à l'axe du divergent; U, vitesse moyenne sur le rayon; u et v, vitesses de fluctuation sur le rayon et la normale à celui-ci; $\overline{p}$, pression moyenne; U_1, vitesse à l'axe. Pour que les seconds membres de ces équations soient indépendants de r, il suffit que $\overline{u^2}/U_1^2$, $\overline{v^2}/U_1^2$, $\overline{uv}/U_1^2$ ne soient fonctions que de φ. La vitesse de frottement u_* se déduisant de la pente de la droite représentative des vitesses dans la couche laminaire par

$$u_*^2 = \frac{\tau_0}{\rho} = \frac{\nu}{r}\frac{\partial U}{\partial \varphi} = \frac{\nu U_1}{r} f_1',$$

il en résulte que

$$\frac{u_*^2}{U_1^2} = \frac{\nu}{U_1 r} f_1' = \text{const.},$$

donc $\overline{u^2}/u_*^2$, $\overline{v^2}/u_*^2$, $\overline{uv}/u_*^2$ ne sont fonctions que de φ.

L'expérience a confirmé l'existence d'un tel régime d'équilibre; elle a permis

---

(*) Séance du 18 juillet 1955.

([1]) J.-P. Milliat, *Comptes rendus*, 241, 1955, p. 358.

de plus d'explorer la zone de transition entre le régime à l'entrée du divergent (régime uniforme entre parois parallèles) et le régime d'équilibre défini ci-dessus. Les répartitions des vitesses moyennes sont groupées sur la figure 1 (régime uniforme entre parois parallèles : section 2; régime transitoire : sections 3 à 8; régime d'équilibre dans le divergent : sections 10 à 12); la figure 2

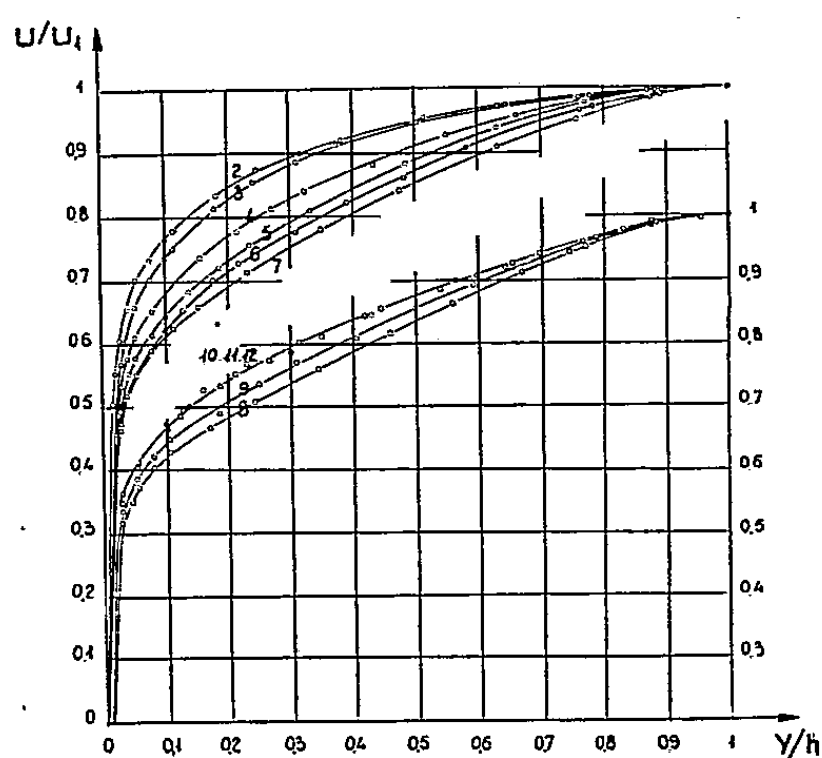


Fig. 1.

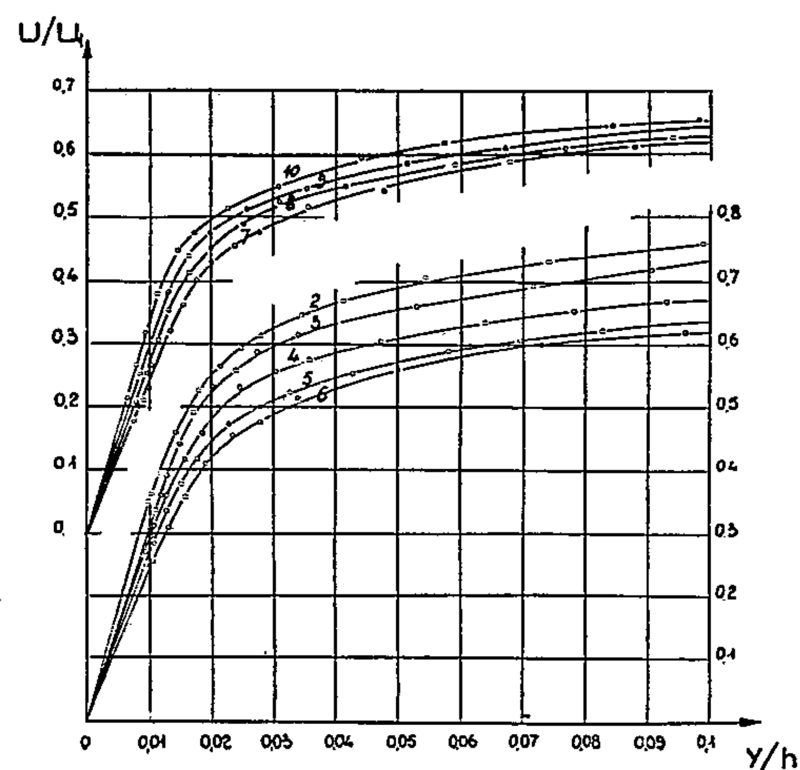


Fig. 2.

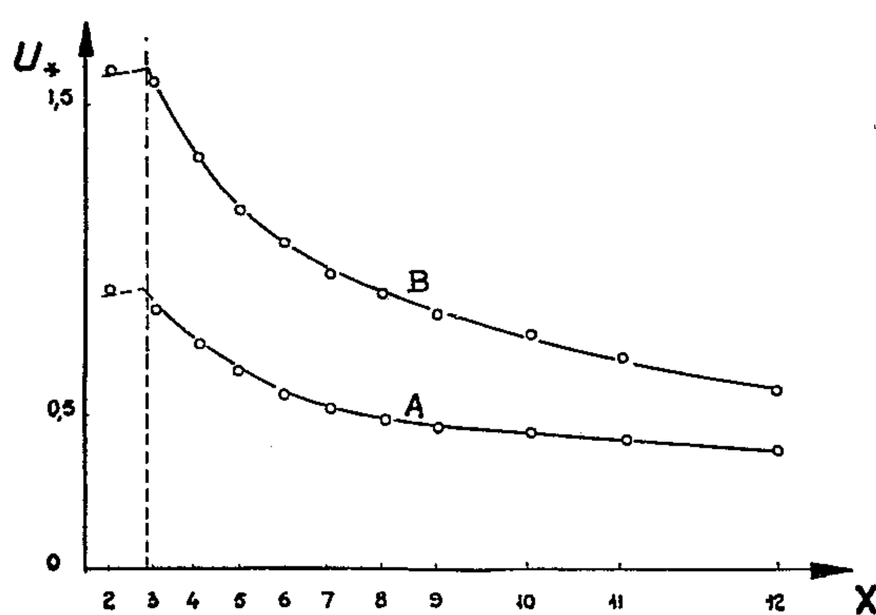


Fig. 3.

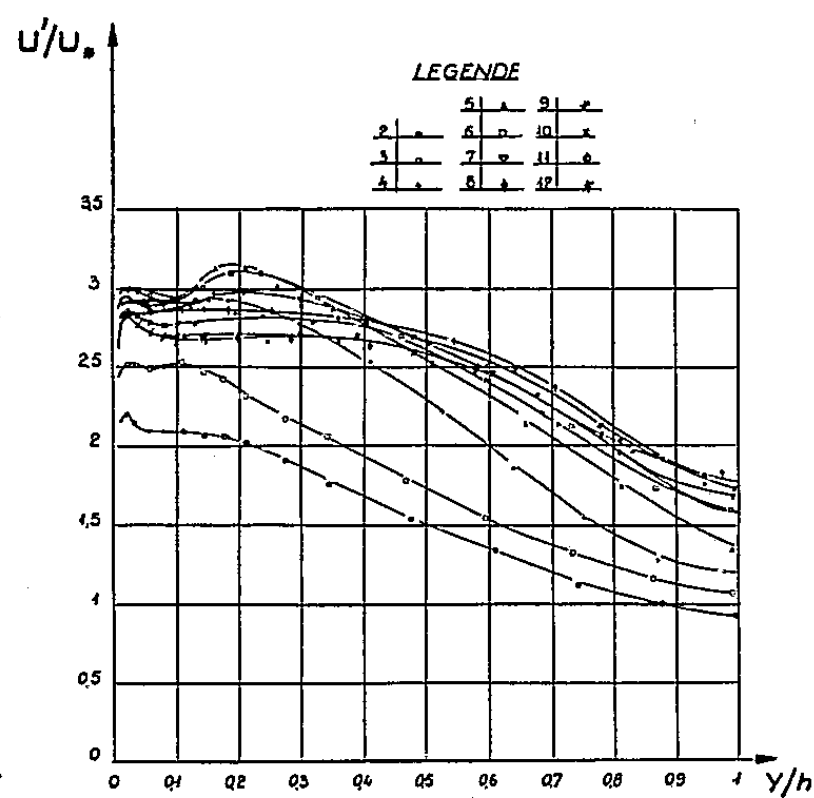


Fig. 4.

donne ces répartitions près de la paroi ($0 < y/h < 0,1$); les vitesses de frottement u_* déduites de la pente de la droite des vitesses dans la couche laminaire, sont rassemblées sur la figure 3. Les répartitions de u'/u_* $(u' = \sqrt{\overline{u^2}})$, tracées sur la figure 4, sont bien affines pour les sections 10, 11 et 12; on notera la différence entre les courbes u'/u_* correspondant aux deux régimes d'équilibre (entre parois parallèles et dans le divergent), l'accroissement

d'énergie turbulente dans le divergent étant lié à l'augmentation du frottement tangentiel dû à la décélération de l'écoulement.

Les résultats présentés dans les figures 1, 2 et 4 concernent un nombre de Reynolds $U_1 h/\nu$ égal à 32 000 (essai A); nous avons également étudié (essai B non présenté faute de place) le cas d'un nombre de Reynolds $U_1 h/\nu = 55\,000$.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur le spectre de fréquence d'un réseau cristallin. Méthode de résolution approximative de l'équation intégrale du spectre de fréquence.* Note (*) de M. **Jean Peretti**, transmise par M. Louis Néel.

Dans un travail antérieur, nous avons indiqué que la densité spectrale $g(\omega)$ des fréquences angulaires propres $\omega_\alpha = 2\pi\nu_\alpha$ d'un cristal était solution de l'équation intégrale de Fredholm de première espèce :

$$\mathcal{F}(z) = \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{g(\omega)}{z-\omega}\, d\omega, \tag{4}$$

$\mathcal{F}(z)$ étant définie à l'aide des coefficients du réseau cristallin. Nous nous proposons d'indiquer ici une méthode de résolution approximative de cette équation, généralisant une méthode due à E. W. Montroll (1).

1. On définit les polynomes G, H et f de la variable $u = z^{-1}$ par les identités

$$\text{(7 a)}\quad P(z) = z^m\, G\left(\frac{1}{z}\right) \quad \text{soit} \quad G(u) \equiv 1 + L_{m-1}u + L_{m-2}u^2 + \ldots + L_0 u^{m-1} \equiv 1 + f(u),$$

$$\text{(7 b)}\quad P'(z) = z^{m-1} H\left(\frac{1}{z}\right) \quad \text{soit} \quad H(u) \equiv m + (m-1)L_{m-1}u + \ldots + L_1 u^{m-1};$$

$L_0, L_1, \ldots, L_{m-1}$, sont des polynomes en $\cos\theta_1$, $\cos\theta_2$, $\cos\theta_3$. Soit $F(u)$ la fonction définie par

$$F(u) = \int_0^{2\pi}\int_0^{2\pi}\int_0^{2\pi} \frac{H(u)}{G(u)}\, d\theta_1\, d\theta_2\, d\theta_3. \tag{8}$$

En appelant ρ le module de la fréquence angulaire de module maximum, $H(u)G^{-1}(u)$ est développable en série dans le cercle de rayon ρ^{-1} suivant :

$$\frac{H(u)}{G(u)} = H(u)\{1 - f(u) + f^2(u) + \ldots + (-1)^n f^n(u) + \ldots\}. \tag{9}$$

$H(u)$ et $f(u)$ étant des polynomes en $\cos\theta_1$, $\cos\theta_2$, $\cos\theta_3$, on calcule aisément les fonctions $F'_n(u)$ définies par

$$F_n(u) = (-1)^n \int_0^{2\pi}\int_0^{2\pi}\int_0^{2\pi} H(u) f^n(u)\, d\theta_1\, d\theta_2\, d\theta_3 \tag{10}$$

(*) Séance du 25 juillet 1955.

(1) *J. Chem. Phys.*, **10**, 1942, p. 218; **11**, 1943, p. 481; **12**, 1944, p. 98; **15**, 1947, p. 575.

jusqu'à la valeur de n aussi grande que l'on veut. $F_n(u)$ contenant u^n en facteur, on obtient une approximation de $F(u)$ à l'ordre n en considérant la somme

$$F^{(n)}(u)=\sum_{p=0}^{n} F_p(u).$$

2. $g(\omega)$ étant nulle à l'extérieur de $[-\rho, +\rho]$, par changement de variables effectué sur u et ω, l'équation (4) se ramène au type

$$F(y)=\int_{-1}^{+1}\frac{g(x)\,dx}{1-xy} \tag{11}$$

soit

$$F(y)=\int_{-1}^{+1}\frac{g(x)\,dx}{1-x^2y^2} \tag{12}$$

en tenant compte de ce que $F(y)$ et $g(x)$ sont paires. Pour résoudre (12) on introduit la suite de polynomes $Q_r(x)$ pairs et orthonormés sur $[-1, +1]$ définis par la relation

$$(1-x^2y^2)^{-1}=\sum_{r=0}^{\infty}\lambda_r Q_r(x)\,Q_r(y). \tag{13}$$

Ces polynomes sont solution de l'équation intégrale homogène :

$$\int_{-1}^{+1}\frac{Q_r(x)}{1-x^2y^2}\,dx=\lambda_r Q_r(y) \tag{14}$$

$g(x)$ et $F(x)$ étant paires, on peut développer suivant les séries :

$$g(x)=\sum_{r=0}^{\infty} g_r\,Q_r(x), \tag{15a}$$

$$F(x)=\sum_{r=0}^{\infty} F_r Q_r(x) \tag{15b}$$

les g_r et F_r étant donnés par

$$g_r=\int_{-1}^{+1} g(x)\,Q_r(x)\,dx \tag{16 a}$$

$$F_r=\int_{-1}^{+1} F(x)\,Q_r(x)\,dx \tag{16 b}$$

et l'équation intégrale (12) se réduit à $g_r=\lambda_r^{-1}F_r$. Cette relation, jointe à (16 b), permet le calcul de $g(x)$ par (15 a). Si l'on choisit pour $F(x)$ la valeur approchée $F^{(n)}(x)$ du paragraphe 1, on obtient pour $g(x)$ une série approchée, d'autant meilleure que n est grand. La formule (10) permet, contrairement à ce qui se passe dans la méthode de Montroll, de choisir n suffisamment grand.

3. La méthode exposée ci-dessus pour le calcul de $g(\omega)$ est la plus courte. On rappelle cependant une autre méthode reposant sur la solution de l'équation de Stieltjes :

$$h(y) = \int_0^\infty \frac{f(x)\,dx}{x+y} \tag{18}$$

par la formule donnée par Paley et Wiener [2] :

$$f(x) = \lim_{m \to \infty} \frac{1}{\pi x^{\frac{1}{2}}} \sum_{n=0}^{m} (-1)^n \frac{\left(\pi x \frac{d}{dx}\right)^n}{(2n)!} \left[x^{\frac{1}{2}} h(x)\right]. \tag{19}$$

MAGNÉTISME. — *Propriétés magnétiques du carbonate neutre de nickel* [1] *anhydre cristallisé* CO_3Ni. Note (*) de MM. **Henri Bizette** et **Belling Tsaï**, présentée par M. Gaston Dupouy.

Il existe deux variétés de carbonate de nickel, une variété jaune et une variété verte, de propriétés très voisines [1]. Les produits étudiés ont été préparés par M. de Saint Léon Langlès, la variété verte en faisant tomber goutte à goutte, à 250° C et sous une pression de 120 kg/cm² de gaz carbonique, une solution de CO_3HNa (0,18 mol dans 100 cm³ d'eau) dans une solution de Cl_2Ni (0,12 mol dans 100 cm³ d'eau) acidifiée par l'acide chlorhydrique, la variété jaune en opérant à température plus basse, 180° C. avec des solutions très concentrées (0,22 mol de Cl_2Ni dans 25 cm³ d'eau et 0,38 mole de CO_3HNa dans 100 cm³ d'eau). Alors que les acides dilués attaquent à froid très facilement le carbonate de manganèse et plus lentement le carbonate de fer, les acides chlorhydrique et nitrique, concentrés et bouillants, sont pratiquement sans action sur les deux variétés de CO_3Ni. Cette résistance remarquable aux acides met en évidence le caractère covalent très prononcé des liaisons entre les groupes CO_3 et Ni.

La susceptibilité magnétique moyenne suit entre 290° K et 60° K la loi de Curie-Weiss (courbes a_1 et a_2).
Dans le cas du carbonate vert :

$$\chi_M = \frac{1,14}{T+11}, \qquad p_B = 2,828\sqrt{C_M} = 3,2.$$

Dans le cas du carbonate jaune :

$$\chi_M = \frac{1,31}{T+17}, \qquad p_B = 3,23,$$

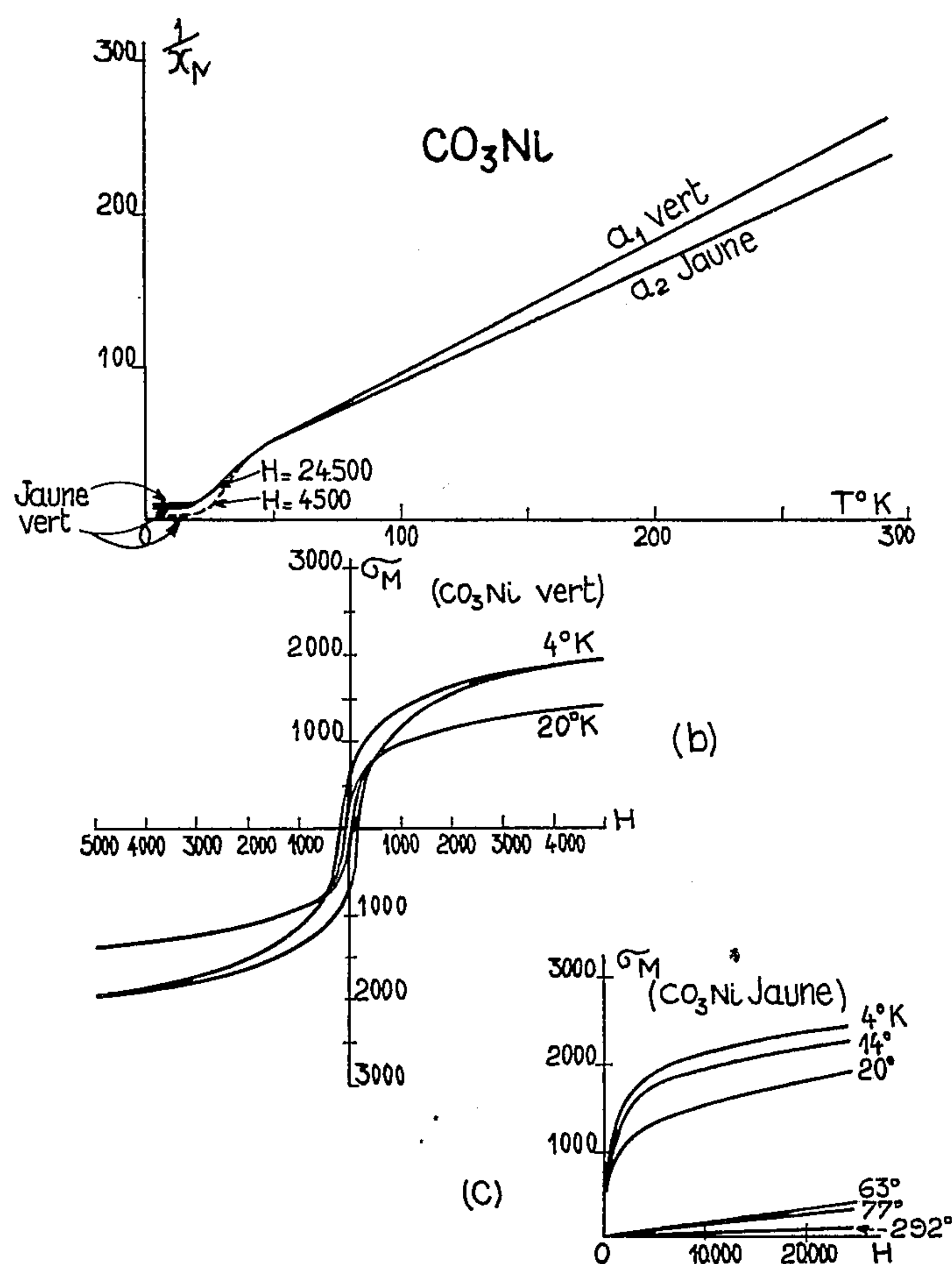
(2) R. E. A. C. Paley et N. Wiener, *Fourier Transforms in the Complex Domain*, p. 41.

(*) Séance du 1er août 1955.

(1) de Saint Léon Langlès, *Ann. Chim.*, 7, 1952, p. 568.

les valeurs de p_B étant voisines de celles trouvées dans le cas de $NiCl_2$ [$p_B = 3,30$ (²)] et de SO_4Ni [$p_B = 3,31$ (³)].

Au-dessous de 40°K l'aimantation n'est plus proportionnelle au champ, la substance devient ferromagnétique. Les cycles d'hystérésis obtenus à 20°K et 4°K avec la variété verte sont représentés en (*b*). A 4°K l'aimantation rémanente molaire est égale à 593 u. e. m., le champ coercitif est de l'ordre



de 200 œrsteds. Cependant l'aimantation n'a pas encore atteint une valeur constante dans un champ de 24 500 œrsteds. Elle est égale à 3 305 u. e. m., c'est-à-dire environ 0,3 fois l'aimantation à saturation (11 100 u. e. m.) d'un ion gramme Ni^{2+}, dans l'hypothèse où chaque ion Ni^{2+} possède un moment magnétique égal à 2 magnétons de Bohr, les moments orbitaux étant complètement bloqués par le champ cristallin. Dans les mêmes conditions, l'aimantation pour la variété jaune est égale à 2 420 u. e. m.

(²) STARR, BITTER et KAUFMANN, *Phys. Rev.*, 58, fasc. 2, 1940, p. 980.

(³) VAN VLECK, *The theory of elec. and magn. suscept.*, p. 304.

On ne peut songer à discuter la structure magnétique du carbonate de nickel à basse température tant que l'on n'aura pas mesuré en fonction de la température les valeurs de la chaleur spécifique et des susceptibilités principales et étudié le spectre de diffraction des neutrons.

MAGNÉTISME. — *Résonance ferromagnétique des ferrites de gadolinium en fonction de la température, à* 9000 MHz. Note (*) de M. **Jean Paulevé**, transmise par M. Louis Néel.

L'étude thermomagnétique du ferrite de gadolinium ([1]) a montré que ce corps présente une température de compensation ([2]), ([3]) vers 306°K. Nous présentons ici l'étude des phénomènes de résonance ferrimagnétique de ce ferrite dans un large domaine de température autour de ce point.

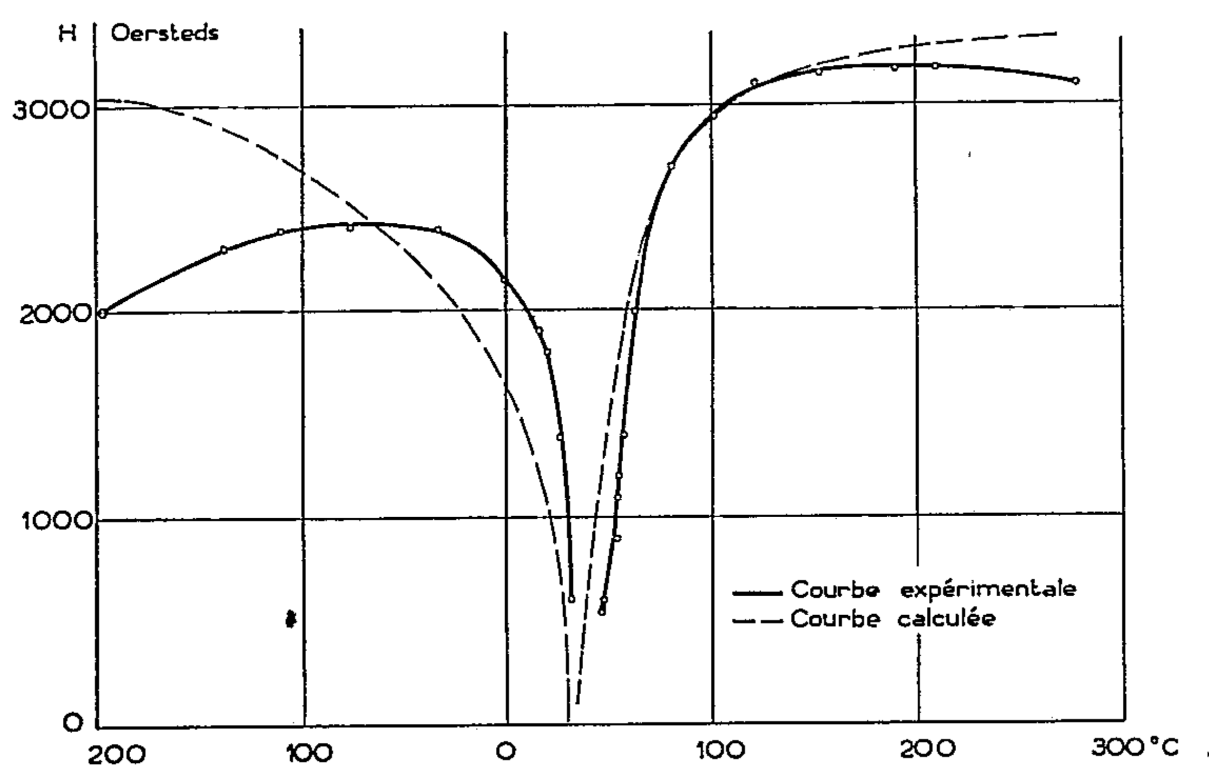


Fig. 1.

La faible intensité de l'absorption due à la résonance ferrimagnétique, au voisinage du point de compensation, et la difficulté des mesures à température variable, ont conduit à utiliser un appareillage UHF très sensible, mais simple : le pont UHF classique à té hybride est utilisé avec un klystron Varian V 290, alimenté sur piles et accumulateurs, une cavité résonante rectangulaire TE011 entièrement soudée et argentée contenant un échantillon polycristallin sphérique, un galvanomètre très sensible, fortement amorti, destiné à la mesure du

(*) Séance du 1er août 1955.

([1]) R. Pauthenet et P. Blum, *Comptes rendus*, 239, 1954, p. 33.

([2]) L. Néel, *Ann. Phys.*, 3, 1948, p. 137.

([3]) L. Néel, *Comptes rendus*, 239, 1954, p. 8.

courant détecté après compensation. Le dispositif employé pour les mesures aux basses températures sera décrit ultérieurement ([4]).

Les courbes d'absorption sont tracées point par point à fréquence fixe en fonction du champ magnétique continu appliqué à l'échantillon.

Nous avons représenté sur la figure 1, les valeurs du champ de résonance H (champ magnétique appliqué correspondant au maximum d'absorption de la substance) en fonction de la température de -200 à $+270°$ C. Ce champ devient très faible au voisinage immédiat du point de compensation. Les dernières résonances observables se situent dans des champs de 600 œrsteds ce

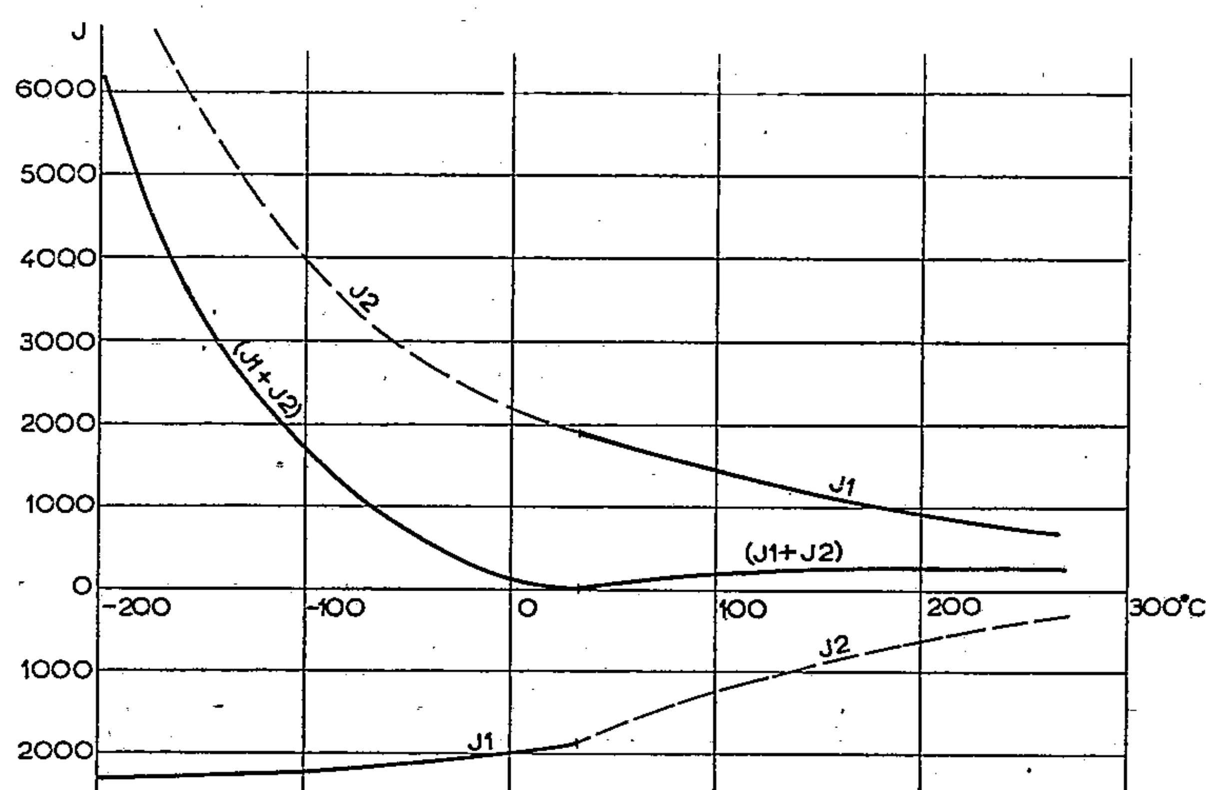


Fig. 2.

qui correspond à des valeurs de *g* effectif atteignant 11. Il n'a pas été possible d'effectuer les mesures plus près du point de compensation car l'absorption devient trop faible et en particulier inférieure aux légères instabilités électriques et thermiques inévitables dans des expériences à température variable.

Ces résultats s'expliquent de façon satisfaisante à partir de l'interprétation des propriétés magnétiques des ferrites de terres rares donnée par L. Néel ([3]), en conservant deux sous-réseaux, l'un relatif aux ions Fe, l'autre aux ions Gd. Il est ainsi possible de calculer à partir de la courbe d'aimantation de $Fe_2O_3Gd_2O_3$ ([1]), les courbes donnant les aimantations J_1 du réseau de fer et J_2 du réseau de gadolinium pour un champ magnétique de l'ordre du champ de résonance H, en remarquant que l'aimantation résultante J est toujours dans le sens du champ magnétique appliqué, que nous choisirons positif (*fig.* 2). Il y a donc de ce fait, au voisinage du point de compensation une inversion des aimantations des sous-réseaux qui entraînera une discontinuité des valeurs du champ H de résonance.

([4]) J. Paulevé, Congrès de Physique des Basses Températures, Paris, sept. 1955.

A partir de ces données et des valeurs de γ_1 et γ_2 on calcule les champs de résonance ([5])

$$H = -\frac{mJ}{2} - \varepsilon\frac{\omega\gamma}{\gamma^2-\delta^2} \pm \left[\frac{m^2J^2}{4} + \frac{\delta^2\omega^2}{(\gamma^2-\delta^2)^2} + \varepsilon\frac{\omega m\,\delta(J_1-J_2)}{\gamma^2-\delta^2}\right]^{\frac{1}{2}},$$

où

$$\varepsilon = \pm 1, \qquad \delta = \frac{\gamma_1-\gamma_2}{2}, \qquad \gamma = \frac{\gamma_1+\gamma_2}{2}$$

Les facteurs de Landé des ions Fe et Gd, pris isolément, sont tous deux égaux à 2, mais il est légitime d'admettre que le g effectif pour chaque sous-réseau, peut être légèrement différent par suite des interactions du réseau. On obtient une courbe théorique très voisine de la courbe expérimentale en prenant $g_2 - g_1 = 0{,}2$ avec g_1 et $g_2 \neq 2$ (*fig.* 1).

Les autres déterminations de H ne correspondent pas à des courbes expérimentales dans le domaine étudié. On remarque qu'il existe des températures où H peut être nul ou très faible et une région où il n'y a pas de résonance ce qui est en bon accord avec les résultats expérimentaux.

MAGNÉTISME. — *Analyse thermique dilatométrique du ferrite de samarium et transitions magnétiques des ferrites de terres rares.* Note (*) de MM. **Georges Guiot-Guillain** et **Xavier Waché**, transmise par M. Louis Néel.

L'étude dilatométrique du ferrite de samarium conduit à préciser la différence de nature entre certaines des transitions présentées par ce ferrite et par d'autres ferrites de terres rares.

Dans le cadre de notre étude sur les propriétés magnétiques des ferrites de terres rares ([1]), nous avons recherché les anomalies de dilatation que pouvait éventuellement présenter le ferrite de samarium, de formule $Fe_2O_3.Sm_2O_3$.

On sait que pour les ferrites de formule $Fe_2O_3.MO$ (où M est un métal bivalent), ainsi d'ailleurs que pour l'oxyde de fer $Fe_2O_3\alpha$, une anomalie de longueur a été observée, à la température du point de Curie ([2]). Il s'agit là

([5]) B. Dreyfus, *Comptes rendus*, 241, 1955, p. 552.

(*) Séance du 1er août 1955.

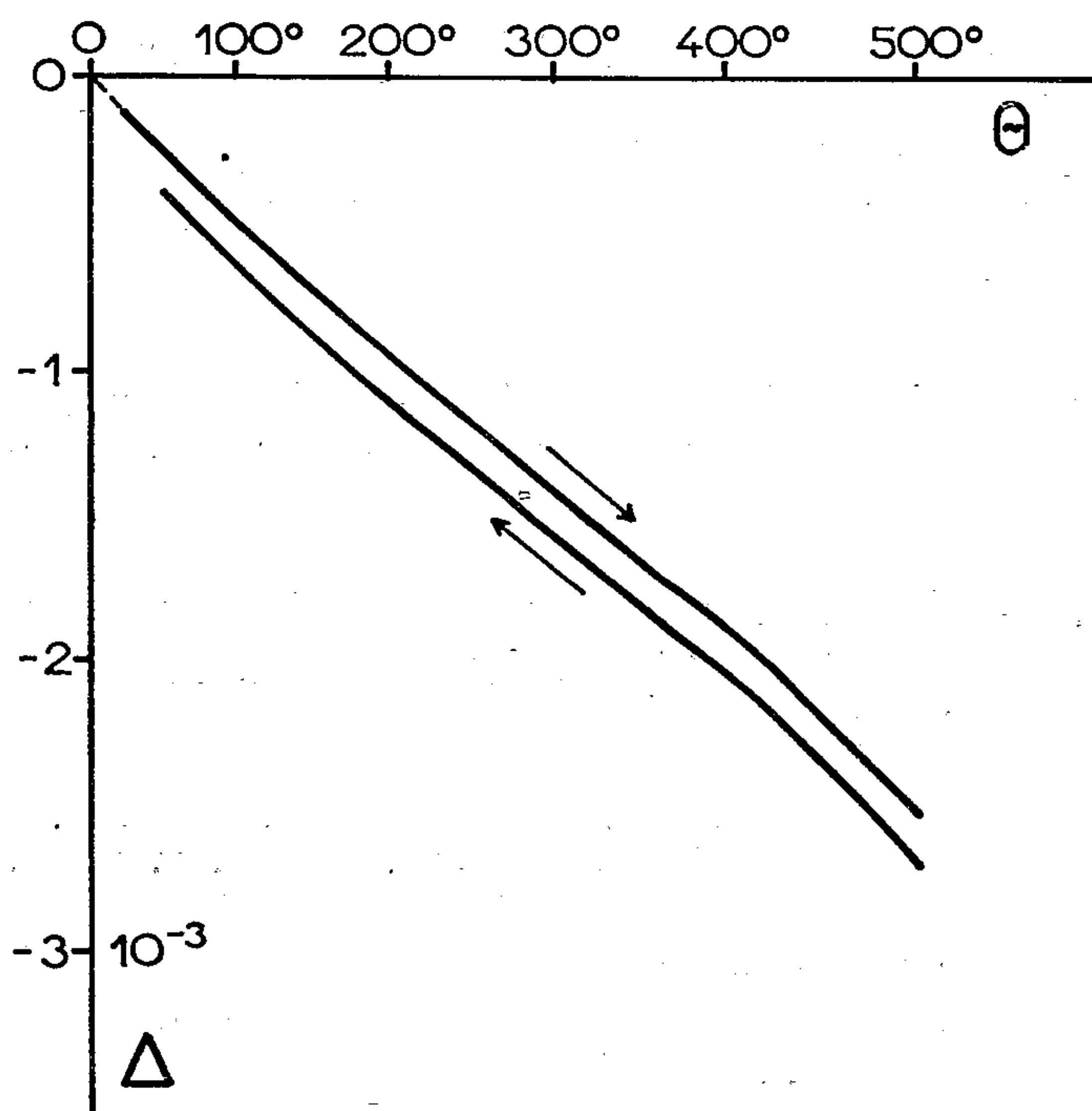
([1]) H. Forestier et G. Guiot-Guillain, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 1844 et 235, 1952, p. 48; G. Guiot-Guillain, *Comptes rendus*, 237, 1953, p. 1554; G. Guiot-Guillain, R. Pauthenet et H. Forestier, *Comptes rendus*, 239, 1954, p. 155; *voir* aussi l'importante étude théorique de L. Néel, *Comptes rendus*, 239, 1954, p. 8.

([2]) H. Forestier, *Thèse*, *Ann. Chimie*, 10e série, 9, 1928, p. 316; L. Weil, *J. Phys. Rad.*, 12, 1951, p. 260.

d'un caractère commun aux substances ferromagnétiques, étudié expérimentalement par P. Chevenard ([3]) et théoriquement par L. Néel ([4]).

Or, notre analyse thermomagnétique du ferrite de samarium a mis en évidence, pour ce produit, deux transitions magnétiques, aux températures $\Theta_1 = 295°$ C et $\Theta_2 = 405°$ C, que nous avons assimilées à deux points de Curie ferromagnétiques. Il est d'un intérêt évident de savoir si, à ces températures, se manifestent des anomalies de dilatation.

La quantité de produit dont nous disposions ne nous permettait d'entreprendre une telle étude que sur des échantillons de très petites dimensions. Le diagramme dilatométrique représenté ci-après, concerne une longueur d'échantillon de 25 mm, obtenue en plaçant bout à bout plusieurs bâtonnets, de 2,5 mm de diamètre. Nous avons confectionné ces bâtonnets par agglomération de poudre, suivie de frittage à 1250° C, dans un courant d'oxygène.



Le diagramme que nous publions, et d'autres qui le confirment, ont été obtenus à l'aide d'un dilatomètre différentiel photographique Chevenard, utilisable spécialement avec de petits échantillons ([5]). L'étalon de comparaison était un barreau pyros; la vitesse d'échauffement et de refroidissement était

([3]) *Cf.* P. Weiss, *Rapports au Conseil Solvay*, 1930.

([4]) *Ann. Physique*, 11e série, 8, 1937, p. 237.

([5]) En service aux Aciéries d'Imphy.

de 150°/h. Pour rendre plus lisible le diagramme dilatométrique, la courbe de refroidissement a été décalée vers le bas par rapport à la courbe de chauffe.

Les deux courbes indiquent une variation parfaitement réversible du coefficient de dilatation.

Une seule anomalie apparaît nettement; elle se situe un peu au-dessus de 400° C, donc à la température θ_2 de l'une des transitions magnétiques.

Dans l'interprétation proposée par L. Néel pour les propriétés magnétiques des ferrites de terres rares, la température θ_2 marque la disparition de l'aimantation spontanée d'un sous-réseau ferrimagnétique, constitué par les ions Fe^{+++}. Nous noterons que le diagramme dilatométrique du ferrite de samarium reproduit, avec beaucoup de similitude, celui ([6]) de l'oxyde ferrique $F_2O_3\alpha$.

Aucune anomalie de dilatation ne semble, par contre, accompagner la transition magnétique observée à la température θ_1.

A cette température, l'aimantation spontanée s'annule, comme dans le cas du ferrite de gadolinium ([7]), mais par un mécanisme qui n'est probablement pas le même que pour sa disparition à la température θ_2. Il se produit peut-être un découplage des sous-réseaux d'ions fer et métal de terre rare.

Dans le cas des ferrites de dysprosium et d'erbium, la transition θ_2 paraît avoir disparu ([8]) : le sous-réseau des ions Fe^{+++} n'y jouerait plus alors de rôle indépendant.

Enfin, dans le cas des ferrites type ferrite de lanthane, seul serait à considérer ce dernier sous-réseau, pour expliquer l'unique transition magnétique observée.

MAGNÉTISME. — *Champs de résonance d'un système de sous-réseaux magnétiques. (Résonance ferrimagnétique).* Note ([*]) de M. **Bernard Dreyfus**, transmise par M. Louis Néel.

On donne de nouvelles formules qui permettent, en l'absence d'anisotropie, de calculer aisément et rigoureusement les champs de résonance ferrimagnétique.

Les résultats expérimentaux récents ([1]), ([2]) sur la résonance des ferrites à point de compensation magnétique ([3]) rendent souhaitable une étude théorique plus approfondie de l'influence des sous-réseaux sur les conditions de la résonance ([4]).

([6]) H. Forestier, *Thèse*, *loc. cit.*

([7]) R. Pauthenet et P. Blum, *Comptes rendus*, 239, 1954, p. 33.

([8]) G. Guiot-Guillain, R. Pauthenet et H. Forestier, *loc. cit.*

([*]) Séance du 1er août 1955.

([1]) J. S. Van Wieringen, *Colloque A. M. P. E. R. E.*, Paris, 1955.

([2]) J. Paulevé, *Comptes rendus*, 241, 1955, p. 548.

([3]) L. Néel, *Ann. Phys.*, Paris, 3, 1948, p. 137.

([4]) R. K. Wangsness, *Phys. Rev.*, 91, 1953, p. 1085.

Nous partons des équations de Bloch pour deux sous-réseaux :

$$(1)\qquad \begin{cases} \dfrac{d\vec{J}_1}{dt} = \gamma_1\left[\vec{J}_1 \wedge \left(\vec{H} + m\vec{J}_2\right)\right], \\ \dfrac{d\vec{J}_2}{dt} = \gamma_2\left[\vec{J}_2 \wedge \left(\vec{H} + m\vec{J}_1\right)\right], \end{cases}$$

qui expriment le mouvement des aimantations $\vec{J}_1$ et $\vec{J}_2$ des sous réseaux 1 et 2 en présence d'un champ extérieur H dirigé suivant Oz et des champs moléculaires $m\vec{J}_2$ et $m\vec{J}_1$; m est le coefficient de champ moléculaire (négatif dans le cas du ferrimagnétisme); γ_1 et γ_2 sont les rapports gyromagnétiques.

Dans les équations (1), on néglige le champ démagnétisant : $-(4\pi/3)\left(\vec{J}_1+\vec{J}_2\right)$ dans le cas d'un échantillon sphérique. Ceci est justifié car généralement $|m| \gg (4\pi/3)$.

On ne tient pas compte également des champs d'anisotropie. Il sont toujours faibles devant le champ moléculaire et souvent devant le champ extérieur. Les négliger nous permettra d'utiliser la symétrie de révolution du système autour de Oz pour simplifier sa résolution.

Contrairement à Wangsness, nous préférons donner les champs de résonance pour une *fréquence donnée* ω_0, ce qui permet une comparaison plus directe avec l'expérience et fait apparaître quelques faits nouveaux. Ceci permet d'éviter la notion de rapport gyromagnétique équivalent $\gamma_e = (\omega_0/H)$, qui a l'inconvénient de dépendre de la fréquence puisque, ainsi que nous le verrons, H n'est pas proportionnel à ω_0.

Deux des équations (1) donnent $J_{1z} = J_1 \simeq$ constante; $J_{2z} = J_2 \simeq$ constante; grâce à quoi les conditions de résonance sont données, en désignant par I la matrice unité, par

$$(2)\qquad \text{dét}(S - i\omega_0 I) = 0$$

avec

$$S = \begin{vmatrix} 0 & \gamma_1(H + mJ_2) & 0 & -\gamma_1 m J_1 \\ -\gamma_1(H + mJ_2) & 0 & \gamma_1 m J_1 & 0 \\ 0 & -\gamma_2 m J_2 & 0 & \gamma_2(H + mJ_1) \\ \gamma_2 m J_2 & 0 & -\gamma_2(H + mJ_1) & 0 \end{vmatrix},$$

effectuons le changement de base

$$(3)\qquad \left.\begin{aligned} J_k^- &= \frac{1}{\sqrt{2}}(J_{kx} - iJ_{ky}) \\ J_k^+ &= \frac{-i}{\sqrt{2}}(J_{kx} - iJ_{ky}) \end{aligned}\right\} \quad k = 1, 2,$$

qui correspond à la décomposition en 2 vecteurs J^+ et J^- tournant respec-

tivement dans le sens direct ou inverse avec la vitesse ω_0; (2) devient

(3) $$\text{dét}(S' - \omega_0 I) = 0,$$

$$S' = \begin{vmatrix} A & 0 \\ 0 & -A \end{vmatrix} \qquad A = \begin{vmatrix} \gamma_1(H + mJ_2) & -\gamma_1 m J_1 \\ -\gamma_2 m J_2 & \gamma_2(H + mJ_1) \end{vmatrix},$$

où la numérotation des lignes et colonnes correspond, dans l'ordre à J_1^-, J_2^-, J_1^+, J_2^+. On voit que les solutions se groupent en deux paires

α. $J_1^+ = J_2^+ = 0$; J_1^- et J_2^- vecteurs propres de A avec la valeur propre $i\omega_0$.

β. $J_1^- = J_2^- = 0$; J_1^+ et J_2^+ vecteurs propres de A avec la valeur propre $-i\omega_0$.

La solution (β) donne par exemple deux champs de résonance solutions de

(5) $$P^+ = \gamma_1\gamma_2 H^2 + [\gamma_1\gamma_2 m(J_1 + J_2) + (\gamma_1 + \gamma_2)\omega_0] H + \omega_0^2 + \omega_0 m(\gamma_2 J_1 + \gamma_1 J_2) = 0.$$

Les aimantations tournent alors dans le sens direct et peuvent donner lieu à une absorption dans un champ tournant H. F. direct; P^- s'obtient de même à partir de P^+ en y changeant ω_0 en $-\omega_0$. Soit au total pour un champ H. F. rectiligne quatre solutions *possibles*.

Ce procédé de décomposition des champs de résonance est également valable dans le cas le plus général de n sous-réseaux : P^+ et P^- sont alors deux équations de degré n.

Quelques conclusions générales peuvent être tirées de (5) :

1° Le champ de résonance peut être nul ($\gamma_e = \infty$) pour $\omega_0 = \mp m(\gamma_2 J_1 + \gamma_1 J_2)$. Ce résultat est à comparer avec le résultat approché de Wangsness $\gamma_2 J_1 + \gamma_1 J_2 = 0$. On peut expliquer ainsi la dépendance observée ([1]) de la température où $\gamma_e = \infty$ avec la fréquence de résonance.

2° A aucune température H ne peut devenir infini ($\gamma_e = 0$) contrairement aux courbes proposées par Wangsness, et conformément aux résultats expérimentaux.

3° Il existe des régions de température pour lesquelles (5) n'a pas de solution réelle. Ce fait sur lequel nous reviendrons dans une publication ultérieure (ainsi que sur les différents modes de résonance et sur les largeurs de raie de résonance) indique que la résonance disparaît et n'est pas observable dans ces régions. Ce fait est en accord avec l'expérience.

ÉLECTROMAGNÉTISME. — *Étude locale du champ électromagnétique à la jonction de trois milieux diélectriques.* Note (*) de M. **Georges Weill**, présentée par M. Camille Gutton.

On envisage l'étude du champ électromagnétique existant au voisinage de la jonction de trois milieux diélectriques séparés par trois demi-plans issus d'une arête commune. On donne l'équation aux valeurs propres d'un paramètre caractérisant la singularité. Assumant l'hypothèse de l'intégrabilité de l'énergie dans un domaine contenant l'arête, on limite le spectre de ces valeurs.

On connaît le comportement d'une onde électromagnétique à la séparation

(*) Séance du 1er août 1955.

plane de deux demi-espaces diélectriques. Récemment Meixner [1] a étudié le cas de deux diélectriques constituant respectivement l'intérieur et l'extérieur d'un dièdre. Le cas de trois diélectriques séparés par des demi-plans issus d'une droite commune présente un certain intérêt pour l'étude théorique des antennes épaisses [2]. On se bornera à l'étude du champ électromagnétique au voisinage de l'arête commune.

En coordonnées cylindriques (ρ, φ, z) les trois milieux diélectriques sont définis de la manière suivante (*fig.* 1)

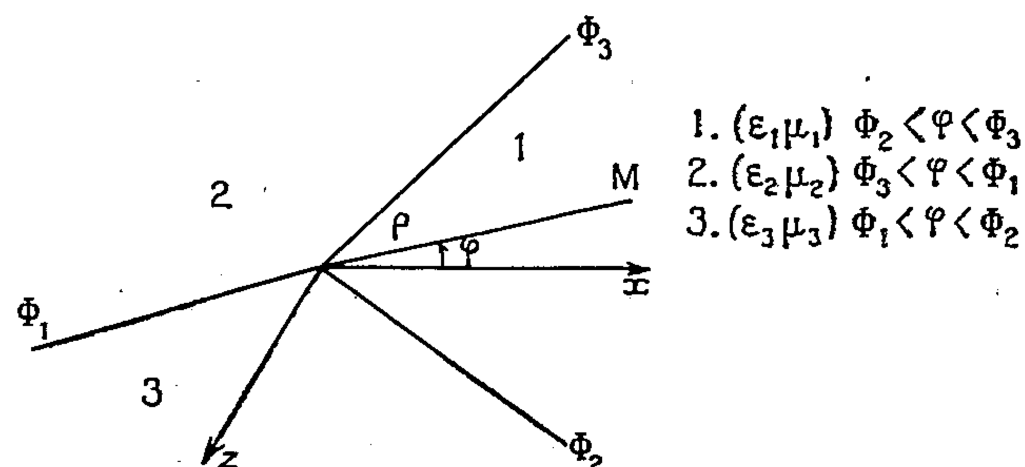


Fig. 1.

$\varepsilon_i \mu_i$ désignant respectivement les permittivité et perméabilité du milieu $i (i = 1, 2, 3)$. On porte dans les équations de Maxwell (suivant la méthode de Meixner) des développements de la forme

$$
\begin{aligned}
E_\rho &= a_0 \rho^{t-1} + a_1 \rho^t + \ldots, & H_\rho &= \alpha_0 \rho^{t-1} + \alpha_1 \rho^t + \ldots; \\
E_\varphi &= b_0 \rho^{t-1} + b_1 \rho^t + \ldots, & H_\varphi &= \beta_0 \rho^{t-1} + \beta_1 \rho^t + \ldots; \\
E_z &= c_0 \rho^{t-1} + c_1 \rho^t + \ldots, & H_z &= \gamma_0 \rho^{t-1} + \gamma_1 \rho^t + \ldots.
\end{aligned}
$$

E et H désignent les composantes électrique et magnétique du champ. On suppose les milieux sans pertes (ε_i et μ_i réel); dans le cas des pertes, il suffirait de prendre des nombres complexes). On écrit que les conditions aux limites de continuité sont satisfaites aux interfaces $\varphi = \Phi_1$, $\varphi = \Phi_2$. $\varphi = \Phi_3$ et l'on obtient l'équation aux valeurs propres de t, qui s'écrit dans le cas T. M. (champ magnétique réduit à sa composante H_z)

$$
\begin{aligned}
(1) \qquad & \varepsilon_1^2 \sin t(\Phi_3 - \Phi_2)\,[\varepsilon_3 \sin t(\Phi_3 - \Phi_1) \cos t(\Phi_1 - \Phi_2) + \varepsilon_2 \sin t(\Phi_1 - \Phi_2) \cos t(\Phi_3 - \Phi_1)] \\
& + \varepsilon_2^2 \sin t(\Phi_1 - \Phi_3)\,[\varepsilon_1 \sin t(\Phi_1 - \Phi_2) \cos t(\Phi_2 - \Phi_3) + \varepsilon_3 \sin t(\Phi_2 - \Phi_3) \cos t(\Phi_1 - \Phi_2)] \\
& + \varepsilon_3^2 \sin t(\Phi_2 - \Phi_1)\,[\varepsilon_2 \sin t(\Phi_2 - \Phi_3) \cos t(\Phi_3 - \Phi_1) + \varepsilon_1 \sin t(\Phi_3 - \Phi_1) \cos t(\Phi_2 - \Phi_3)] \\
& - \varepsilon_1 \varepsilon_2 \varepsilon_3 [\sin^2 t(\Phi_1 - \Phi_2) + \sin^2 t(\Phi_2 - \Phi_3) + \sin^2 t(\Phi_3 - \Phi_1)] = 0.
\end{aligned}
$$

Dans le cas T. E. (champ électrique réduit à sa composante E_z) il suffirait de remplacer dans la formule ε_i par μ_i.

---

(1) *The behavior of Electromagnetic Fields at edges.*

(2) J.-C. SIMON et G. WEILL, *Comptes rendus*, 235, 1952, p. 1379.

Dans le cas particulier où $\Phi_1 = 0$, $\Phi_2 = -\Phi_3 = (\pi/2)$, $\varepsilon_1 = 1$ (*fig.* 2) la relation (1) se simplifie en

$$\cos^2 \frac{t\pi}{2} = \frac{\varepsilon_2 \varepsilon_3}{(\varepsilon_2+\varepsilon_3)(\varepsilon_2-1)(\varepsilon_3-1)}$$

Fig. 2.

En faisant l'hypothèse de l'intégrabilité de l'énergie au voisinage de $\rho = 0$ on voit que :

si t est réel, on doit prendre $t > -(1/2)$,

si t est imaginaire pur, on peut prendre $|t|$ quelconque.

Si l'on calcule le flux du vecteur de Poynting au travers d'un cylindre entourant l'arête, on montre qu'il n'y a de flux d'énergie active que dans le cas où t est imaginaire ce qui se produit pour $(\varepsilon_2 - 1)(\varepsilon_3 - 1) < 1$ si ε_2, $\varepsilon_3 > 1$ (arête « brillante »). Dans le cas général des milieux avec pertes, on a à la fois un flux d'énergie active et réactive lorsque t est complexe. Les cas où il y a émission d'énergie active offrent de l'intérêt pour la constitution d'antennes diélectriques présentant des discontinuités de permittivité.

SPECTROSCOPIE HERTZIENNE. — *Effet Bloch-Siegert dans les résonances à plusieurs quanta.* Note (*) de MM. **Jean Brossel**, **Jean Margerie** et **Jacques Winter**, transmise par M. Jean Cabannes.

F. Bloch et A. Siegert [1] ont montré que les résonances magnétiques entre deux niveaux m et $m+1$ (nombre quantique magnétique) sont déplacées si le champ de radiofréquence H_1 utilisé est rectiligne. Le déplacement (à fréquence constante, vers les champs faibles) est proportionnel à $(1/16)\,(H_1/H_0)^2$. J. Winter [2] a montré récemment que la présence de la composante tournante en sens inverse $-\omega$ et d'une composante de H_1 le long de H_0 avaient en outre pour conséquence l'apparition de nouvelles résonances lorsque $\omega_0 = p\omega$ (p quelconque) [3]. De façon générale, si l'atome est soumis simultanément à l'action de deux champs de radiofréquence $H_1(\omega)$ et $H'_1(\omega')$, la transition est possible lorsque

$$p\omega + q\omega' = \omega_0 \qquad (1)$$

(*) Séance du 11 juillet 1955.

(1) *Phys. Rev.*, 57, 1940, p. 522.

(2) (à paraître).

(3) J. Margerie et al., *Comptes rendus*, 241, 1955, p. 474.

si l'état de polarisation des photons ω et ω′ est tel que le bilan de moment cinétique soit satisfait. L'expérience a été réalisée sur la vapeur de Na orientée optiquement. Les résonances observées sont les transitions basse fréquence dans l'état fondamental. Les champs de radiofréquence utilisés $H_1(\omega)$ (1,206 MHz) et $H'_1(\omega')$ (0,942 MHz) étaient rectilignes, perpendiculaires l'un à l'autre et présentaient une composante suivant H_0 ; dans ces conditions, dans (1) p et q peuvent prendre toutes les valeurs, positives et négatives. La figure 1 montre quelques-uns des spectres obtenus. Les conditions étaient

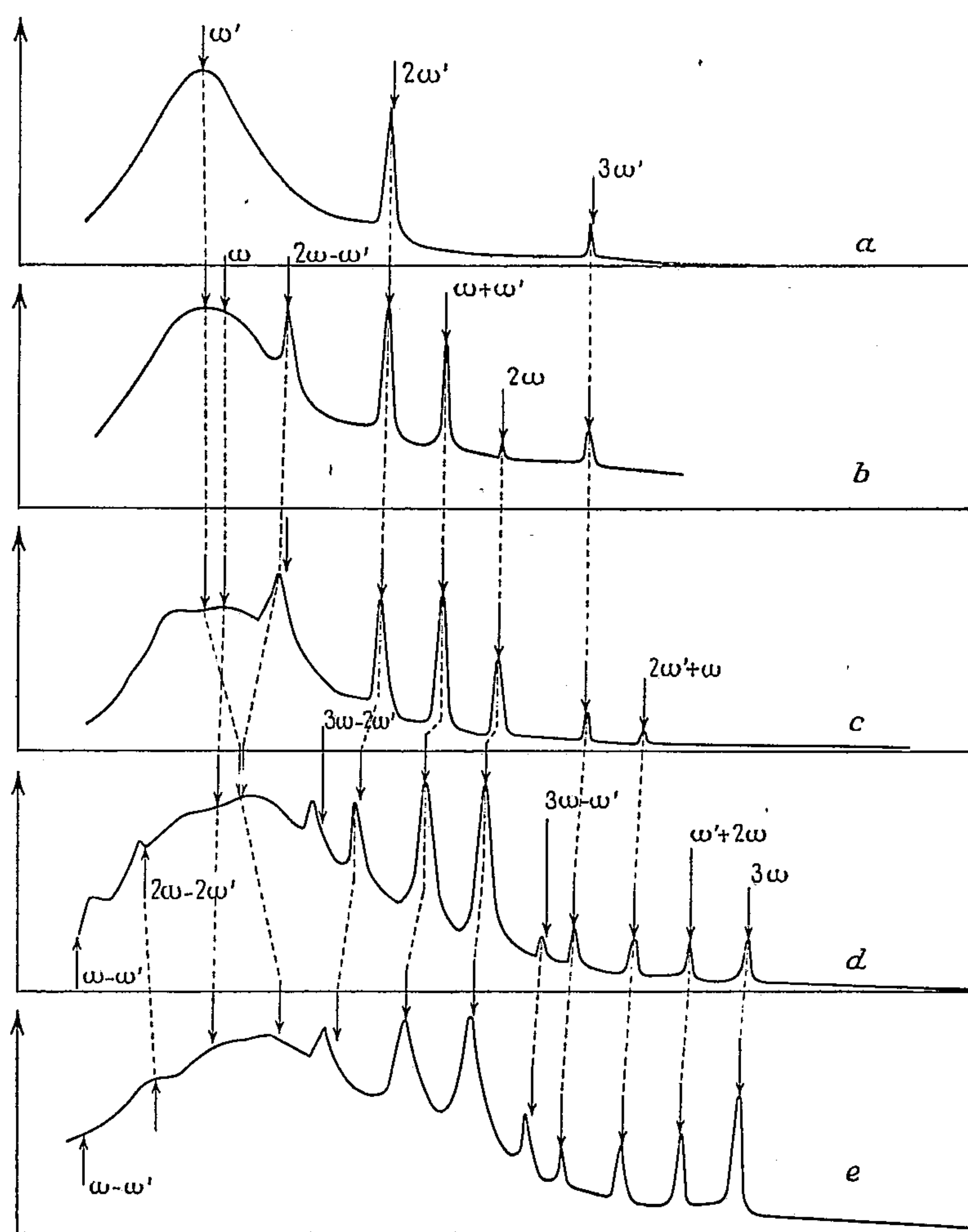


Fig. 1.

les suivantes. L'intensité $H'_1(\omega')$ a été fixée à une valeur donnée (spectre *a*), on donnait à $H_1(\omega)$ des valeurs croissantes (courbes *b*, *c*, *d*, *e*). Le spectre *a* (ω′ seul) donne les résonances ω′, 2ω′, 3ω′. Dès que l'intensité H_1 est suffisante les raies $\omega + \omega'$, 2ω, $2\omega - \omega'$ apparaissent et ainsi de suite. Les indica-

tions marquées sur les spectres permettent l'identification des raies. Elles ont pu être suivies de proche en proche par continuité.

Dans la zone de non saturation, l'intensité d'une raie est proportionnelle à $(H_1^2)^p(H_1'^2)^q$ si elle fait intervenir p quanta ω et q quanta ω'. La variation d'intensité d'une résonance (en fonction de l'intensité du champ H_1 qui la produit), est d'autant plus rapide qu'elle fait intervenir un plus grand nombre de quanta. Ce fait, est très visible sur les résonances à trois quanta des spectres *c*, *d*, *e*. Quand $H_1(\omega)$ diminue, (de *d*, en *c*), la décroissance de $\omega' + 2\omega$ est bien plus rapide que celle de $2\omega' + \omega$, et celle de 3ω est encore bien plus rapide que celle de $\omega' + 2\omega$.

Mais, le fait le plus notable est l'amplitude énorme des déplacements Bloch-Siegert que l'on observe sur les raies à plusieurs quanta. Il ressort du calcul (au deuxième ordre) que la condition est donnée pour la raie d'ordre $p+q$, par l'expression

$$\omega_0 = E - \frac{2K^2}{E-\omega} - \frac{2K^2}{E+\omega} - \frac{2K'^2}{E-\omega'} - \frac{2K'^2}{E+\omega'}, \tag{2}$$

dans laquelle

$$K^2 = \frac{1}{16}\gamma^2[H_{1x}^2 + H_{1y}^2]\,|\langle m\,|\,J_x + iJ_y\,|\,m+1\rangle|^2 = \frac{1}{16}(H_{1x}^2 + H_{1y}^2)(J-m)(J+m+1),$$

$K'^2 =$ équation analogue et $E = p\omega + q\omega'$.

Cette formule suppose que les champs H_1 et H_1' sont linéaires. Au deuxième ordre les déplacements Bloch-Siegert ne dépendent pas des composantes H_{1z}, H_{1z}' suivant H_0. La formule est une bonne approximation lorsque l'une quelconque des quantités $K^2/(E-\omega)$, ... est petite devant E. Dans le cas des résonances simples $E = \omega$, un calcul direct montre qu'il ne faut pas tenir compte dans (2) des termes dont le dénominateur est nul. Dans le cas du spin $1/2$ ($J = 1/2$ $m = -1/2$) on retrouve alors la formule de Bloch-Siegert. La formule (2) a été vérifiée dans de bonnes conditions. La fréquence ω (ou ω') étant seule présente, on a vérifié que les déplacements sont proportionnels à H_1^2 (ou $H_1'^2$) pour les résonances à deux et à trois quanta. Le rapport des déplacements des résonances à deux et trois quanta est égal au rapport théorique à 10 % près.

Ces mesures aux fréquences ω et ω' permettent de déterminer les valeurs de K^2/ω et K'^2/ω' et par suite de vérifier (2) en détail dans le cas où les fréquences ω et ω' sont présentes simultanément. Sur la figure 1, les flèches marquent la position calculée de chaque résonance. L'accord avec l'expérience est excellent, sauf pour les grandes intensités H_1, H_1' (courbe *e*) (où les termes d'ordre supérieur ne sont pas plus négligeables), et pour les résonances pour lesquelles l'une des quantités $E-\omega$, $E+\omega$, ... fait intervenir la différence $\omega-\omega'$ qui est faible.

LAMES MINCES. — *Changement de phase de l'onde lumineuse lors de la réflexion dans l'air sur une lame mince d'argent d'une radiation visible ou ultraviolette.* Note (*) de M. **Roger Philip**, transmise par M. Jean Cabannes.

Nous avons étudié expérimentalement, de façon systématique, la variation de phase que subit une onde lumineuse lorsqu'elle se réfléchit dans l'air sur une lame mince d'argent. Cette étude a été faite pour 8 radiations, échelonnées de 3021 Å à 5780 Å, et pour des épaisseurs d'argent comprises entre 0 et 72 mμ, ou entre 0 et 22 mμ, suivant que l'étude a été faite dans l'ultraviolet ou dans le spectre visible.

Les lames d'argent utilisées ont été déposées par projection thermique sur une lame d'étalon Perot-Fabry en quartz. L'appareil à projection utilisé a été décrit par D. Malé ([1]). Un disque tournant, genre disque de Talbot, permet d'obtenir, sur la lame d'étalon et dans des conditions de projection rigoureusement identiques, six zones métalliques d'épaisseur croissante. Le vide sous la cloche était de l'ordre de 10^{-5} mm de mercure et la vitesse de projection de l'ordre de 2 mμ à la minute.

Une bande diamétrale perpendiculaire aux diverses zones (*fig.* 1) n'est pas

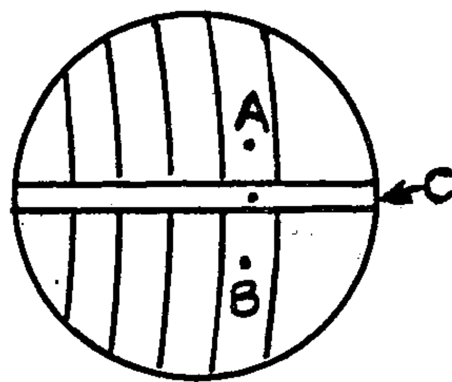


Fig. 1.

métallisée; on compare la phase de la lumière réfléchie sur le métal (en A et en B) à la phase de la lumière réfléchie sur le quartz en C. On obtient ainsi la variation de phase *apparente* à la réflexion sur le métal dans l'air. Pour avoir la variation de phase *relative*, il est nécessaire de diminuer la phase mesurée en C de $4\pi e/\lambda$; e étant l'épaisseur de la lame mince.

Nous avons tracé les courbes donnant la variation de phase relative quand on passe de la réflexion air-métal à la réflexion air-quartz, en fonction de l'épaisseur de la lame mince d'argent. Cette variation de phase est exprimée en fraction de longueur d'onde. L'épaisseur de la lame mince est ici l'épaisseur « massique » déduite par pesée, avant et après projection, d'une lamelle couvre objet de microscope placée à côté de l'étalon à métalliser.

(*) Séance du 1er août 1955.

([1]) *Ann. Phys.*, 9, 1954, p. 10.

Ces mesures de phase ont été immédiatement suivies des mesures des facteurs de réflexion côté air (R) et côté quartz (R′) et du facteur de transmission (T) effectuées par J. Trompette sur les même lames ([2]). En confrontant nos deux séries de mesures nous avons pu en déduire par la méthode de D. Malé ([3]) les constantes optiques et l'épaisseur « réelle » des diverses lames

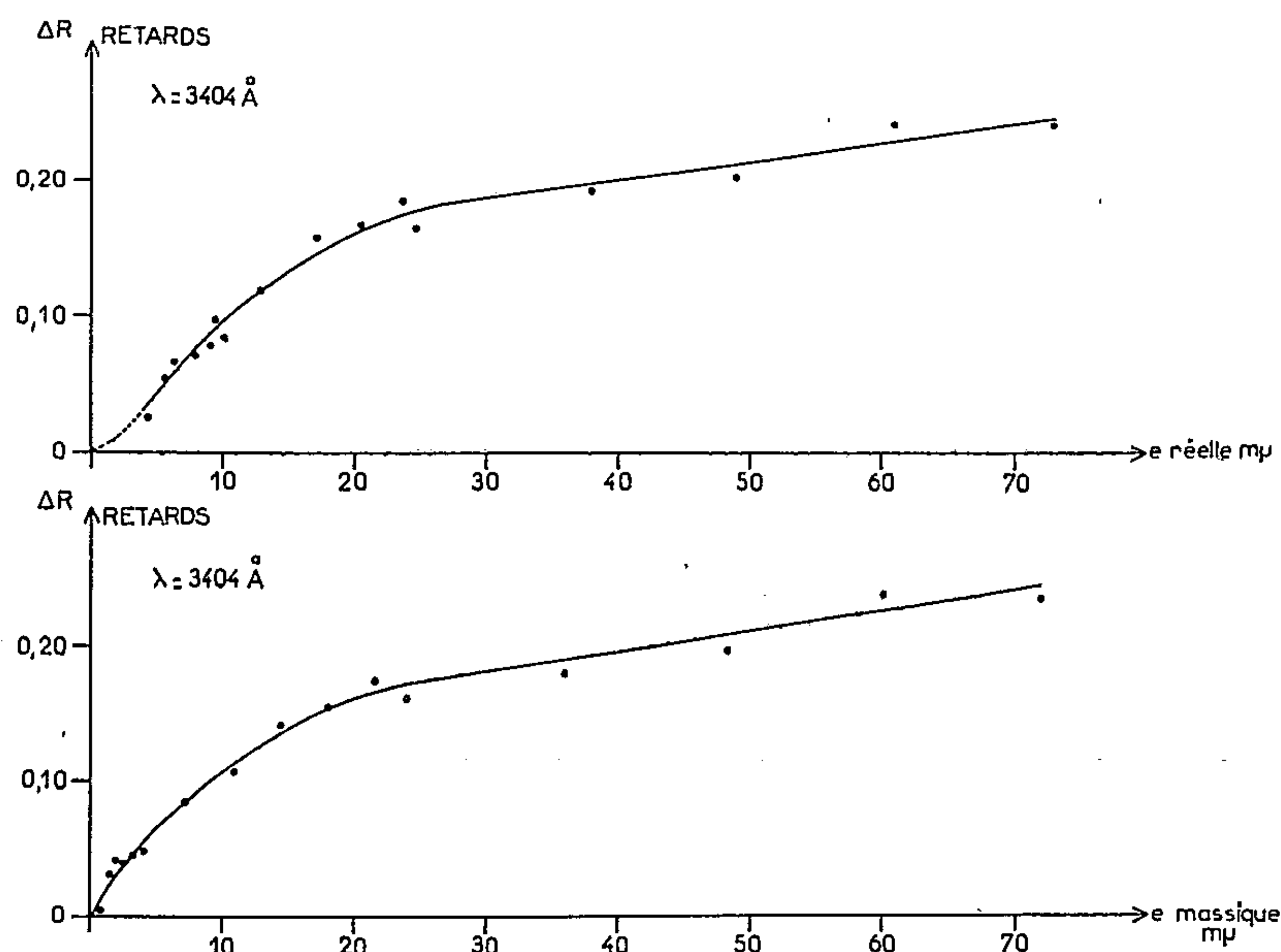


Fig. 2.

Fig. 1 et 2. — Changement de phase à la réflexion dans l'air sur l'argent en fonction de l'épaisseur massique et en fonction de l'épaisseur réelle pour $\lambda = 3\,404$ Å et $\lambda = 5\,780$ Å.

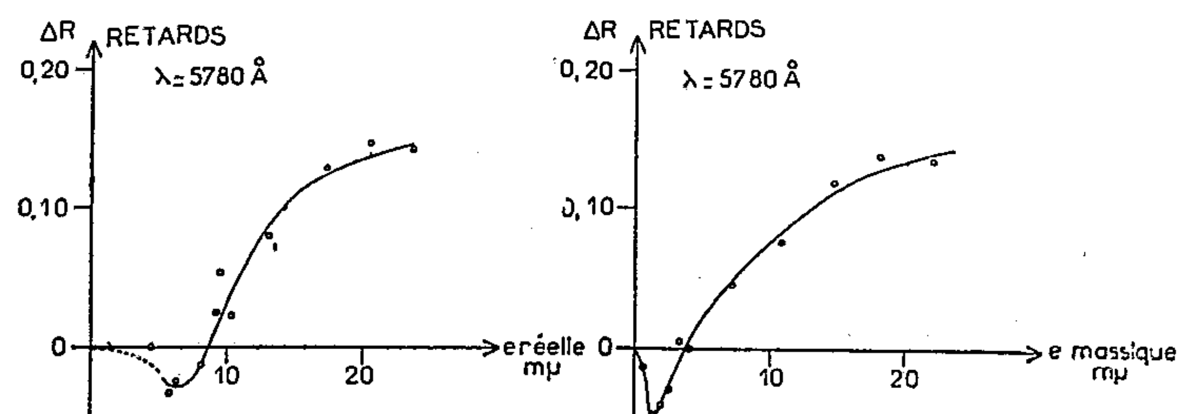


Fig. 3.

minces étudiées. Il nous a semblé bon alors de tracer à côté des précédentes les courbes donnant la variation de phase relative en fonction de l'épaisseur « réelle » ainsi déterminée; la correction $2e/\lambda$ définie plus haut étant elle-même calculée au moyen de l'épaisseur réelle. L'allure générale de ces deux

([2]) *J. Phys.* (sous-presse).

([3]) *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 1349 et *Ann. Phys.*, **9**, 1954 p. 10.

types de courbes est sensiblement la même, l'épaisseur réelle étant seulement plus grande que l'épaisseur massique, à cause de la structure lacunaire des lames. Les deux courbes ci-dessous résument l'allure des phénomènes pour les longueurs d'onde 3 404 et 5 780 Å (*fig.* 2 et 3). La variation de phase relative commence généralement par être une avance pour devenir ensuite constamment un retard. Les courbes sont régulières et ne semblent pas présenter d'oscillation sauf peut-être au voisinage du « trou de l'argent » vers 3100-3200 Å où l'argent devient transparent.

RÉSONANCE NUCLÉAIRE. — *Le spectre nucléaire quadripolaire du* 1.2.4.5 *tétrachlorobenzène*. Note de M. **André Monfils**, présentée par M. Jean Cabannes.

La présente Note a pour but d'étendre au 1.2.4.5 tétrachlorobenzène une étude antérieure relative aux dérivés chlorés du benzène (1). Le spectre quadripolaire correspondant au ^{35}Cl a été enregistré au moyen d'un spectrographe radioélectrique à superréaction et découpage extérieur. Dans ces conditions, on a pu séparer les composantes des multiplets caractérisant la substance. Les fréquences mesurées à plusieurs températures sont rassemblées dans le tableau ci-dessous. Elles sont exprimées en MHz.

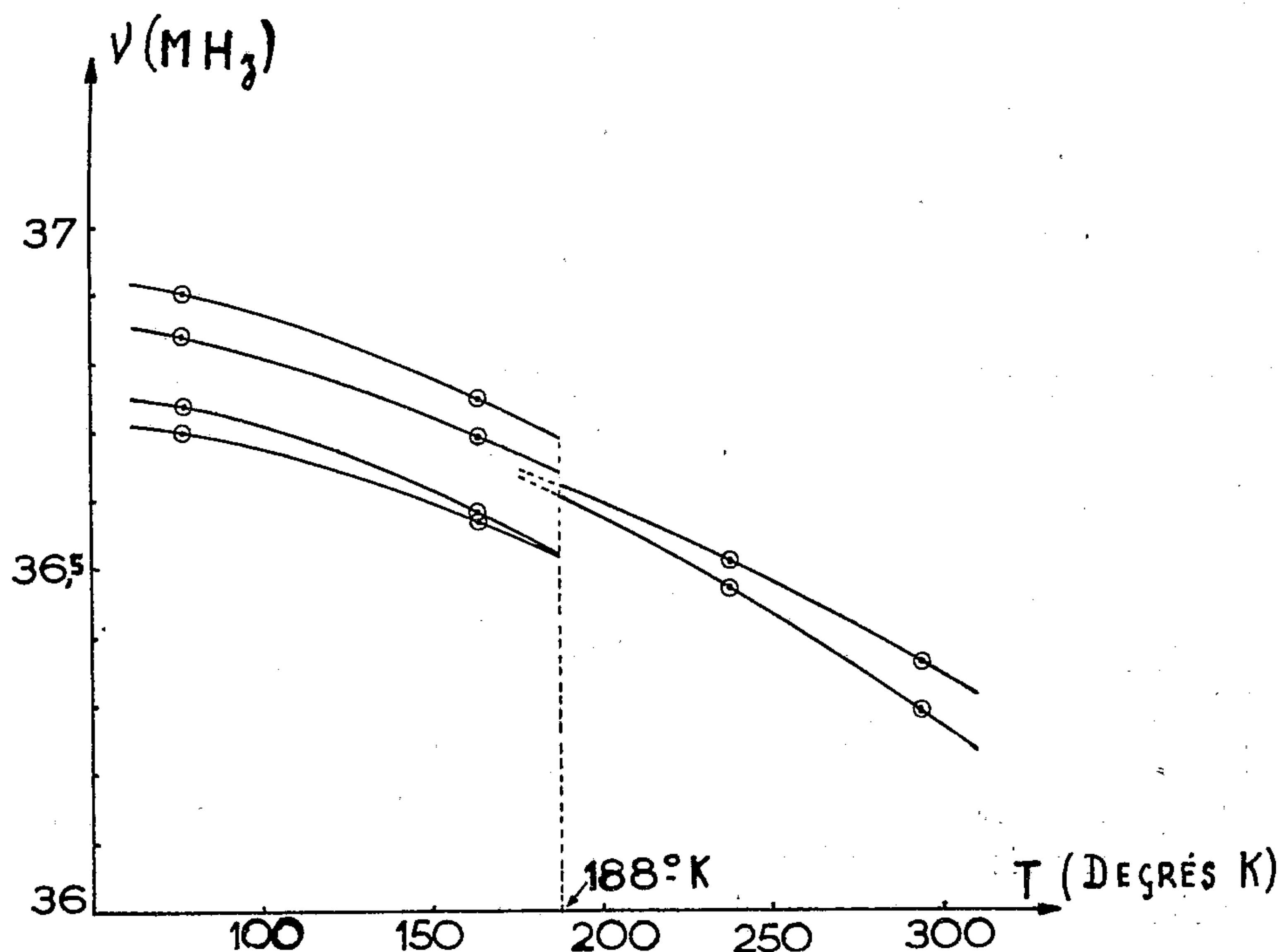
77° K.	164° K.	187° K.	238° K.	294° K.
36,702*	36,570			
36,738	36,583	36,160	36,470	36,288*
36,843	36,695	36,621	36,508	36,358*
36,905*	36,750			

L'erreur moyenne atteint environ ± 5 Kc. Certaines des transitions (marquées d'un astérisque) ont été observées par P. J. Bray (2) et, dans ces cas, il y a une concordance satisfaisante entre les mesures. Le graphique de la figure exprime l'évolution des fréquences quadripolaires en fonction de la température. Une discontinuité apparaît à 188 ± 2° K; elle indique l'existence d'une transition de phase en ce point. Il est à remarquer que la région des quadruplets n'est observable que jusque 188° K, tandis que la région des doublets peut être enregistrée jusque 174° K. On peut en conclure qu'il s'agit d'une transition de phase monotrope. Le spectre des quadruplets comporte un doublet étroit dont l'intervalle devrait s'annuler pour la température de 190 ± 2° K. Il n'est donc pas

(1) J. Duchesne et A. Monfils, *Journ. Chem. Phys.*, 22, 1954, p. 562; A. Monfils et J. Duchesne, *Journ. Chem. Phys.*, 22, 1954, p. 1275.

(2) *Journ. Chem. Phys.*, 23, 1955, p. 220.

exclu qu'il y ait coïncidence entre la transition de phase et l'endroit de la jonction des composantes du doublet.



En interpolant les valeurs de eQq à 173°K et en adoptant la moyenne, correspondant au multiplet, on obtient

$$(eQq)_{\text{moy}} = 73,28 \text{ MHz}.$$

En accord avec P. J. Bray (²), on peut affirmer que cette valeur se compare de façon satisfaisante aux prédictions théoriques (73,70 MHz) de Duchesne et Monfils (¹).

CHIMIE ORGANIQUE. — *Étude de l'action du pentachlorure de phosphore sur les méthyl-1 et éthyl-1-chloro-2 cyclohexanols* cis *et* trans. Note (*) de MM. **Max Mousseron, Robert Jacquier** et **André Fontaine**, transmise par M. Marcel Delépine.

L'action du pentachlorure de phosphore sur les alcoyl-1 chloro-2 cyclohexanols conduit essentiellement à des dérivés chlorocycléniques. Les chlorures allyliques ont pu être facilement caractérisés par les picrates ou les styphnates des alcoylisothiourées correspondantes. Leur déshalogénation par la diméthylamine a été précisée. Les influences divergentes des radicaux méthyle et éthyle ont été mises en évidence.

L'identification des halogénures d'alcoyle, dont l'halogène est suffisamment

(*) Séance du 1er août 1955.

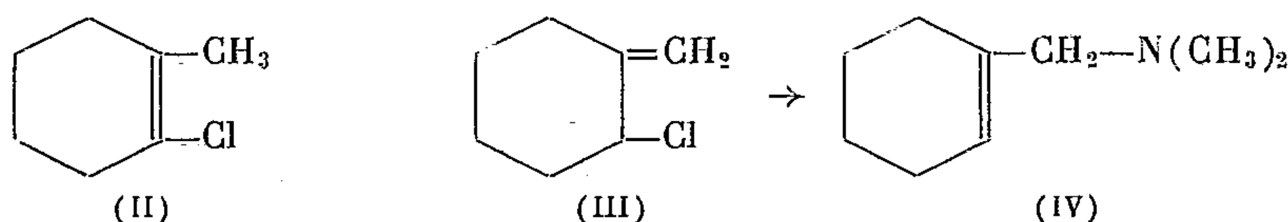
mobile, peut être réalisée par action de la thiourée conduisant à des S-alcoylisothiourée, caractérisées par leur picrate ou leur styphnate ([1]).

Le bromo- ou le chlorocyclohexane, de stabilité bien connue, sont retrouvés inaltérés. Le bromo-3 cyclohexène et la chloro-2 cyclohexanone donnent les isothiourées après une demi-heure de chauffage au reflux dans une solution alcoolique de thiourée : picrates F 170° (N % tr. 18,2) et F 234°N % tr. 17,55) respectivement.

Cette méthode est particulièrement précieuse pour l'identification d'halogénures allyliques. Dans les cas étudiés, la substitution s'effectue sans les réarrangements constatés par ailleurs, dans l'action d'autres bases, particulièrement de la diméthylamine.

Ces dérivés nous ont permis d'élucider l'action du PCl_5 sur les méthyl-1 et éthyl-1 chloro-2 cyclohexanols, qui, traités par un excès de 10 % de PCl_5, dans l'éther à température ambiante, subissent une élimination de l'hydroxyle.

Dans ces conditions, les méthyl-1 chloro-2 cyclohexanols *cis* (I *a*) et *trans* (I*b*), conduisent au mélange $É_{20}$ 68-70° de chloro-2 méthyl-1 cyclohexène (II) et de chloro-2 méthènecyclohexane (III) dans les proportions 50/50 pour (I*a*) et 35/65 pour (I*b*). Par action de la diméthylamine, on isole, avec un réarrangement allylique, le N-diméthylaminométhyl-1 cyclohexène ([2]) (IV) et le chlorure (II) $É_{20}$ 70° (Cl % tr. 27,2) dans les produits neutres. L'action de la thiourée laisse également (II) inaltéré, mais fournit le produit de substitution directe du chlore de (III), sans réarrangement : picrate F 168-9° (N % tr. 17,5), styphnate F 154-5° (N % tr. 16.7).



Ces dérivés sont identiques à ceux que nous avons préparés à partir du méthènecyclohexane bromé en 2 par le N-bromosuccinimide (N. B. S.) et diffèrent de ceux que donne le chlorométhyl-1 cyclohexène ([3]) : picrate F 148°; trouvé %, N 17,35.

Ces produits avaient déjà été identifiés ([4]) par la méthode à l'acétate d'argent, plus longue et moins sensible.

Nous avons pu constater, enfin, l'absence de chloro-6 méthyl-1 cyclohexène.

([1]) BROWN et CAMPBELL, *J. Chem. Soc.*, 1937, p. 1699; LÉVY et CAMPBELL, *J. Chem. Soc.*, 1939, p. 1442; JURECEK et VECERA, *Chem. Abst.*, 46, 1952, p. 2748; 47, 1953, p. 5847.

([2]) MOUSSERON, JACQUIER, FONTAINE et ZAGDOUN, *Bull. Soc. Chim.*, 1954, p. 1246.

([3]) ARNOLD et LEE, *J. Am. Chem. Soc.*, 75, 1953, p. 5396.

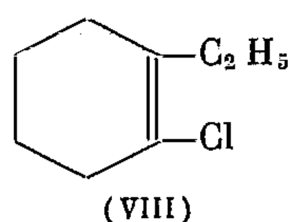
([4]) MOUSSERON, JACQUIER, HENRY et Mme MOUSSERON-CANET, *Bull. Soc. Chim.*, 1954, p. 628.

Le picrate de thiouronium correspondant F 152-3°; trouvé % N 17,2 a été préparé soit à partir du méthyl-1 cyclohexène traité par le N. B. S. soit à partir du méthyl-1 dibromo-1.2 cyclohexane trans ([2]).

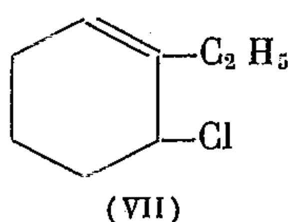
Les homologues éthylés ont un comportement différent des précédents, fonction en outre de leur stéréoisomérie.

L'éthyl-1 chloro-2 cyclohexanol cis (Va) conduit à un mélange $É_{20}$ 75-78°; trouvé %, Cl 24,7, dont les constituants, en proportions sensiblement égales, ont été identifiés de la façon suivante : le chloro-2 éthylidène cyclohexane (VI) picrate de thiouronium F 150-1°; trouvé %, N 17,05 a été ozonisé en chloro-2 cyclohexanone : D. N. P. F 154° ([5]); le chloro-6 éthyl-1 cyclohexène a les dérivés : picrate F 169-70°; trouvé %, N 16,95, styphnate F 136-7°; trouvé %, N 16,5, obtenus par ailleurs pour le produit de l'action du N. B. S. sur l'éthyl-1 cyclohexène ou pour l'éthyl-1 dibromo-1.2 cyclohexane. Notons que, dans ce dernier cas, on peut isoler, à côté des dérivés largement prépondérants, correspondant à (VII), une faible quantité (8-10 %) de dérivés correspondant à (VI); le chloro-2 éthyl-1 cyclohexène (VIII) trouvé %, Cl 24,4, inattaqué par les bases et purifié par elles. L'ozonisation, en milieu acétique, donne le céto-3 octanoïque F 54-5°; trouvé %, C 60,5; trouvé %, H 8,8, comme l'éthyl-1 cyclohexène et comme un échantillon authentique de (VIII), obtenu par action de PCl_5 sur l'éthyl-2 cyclohexanone.

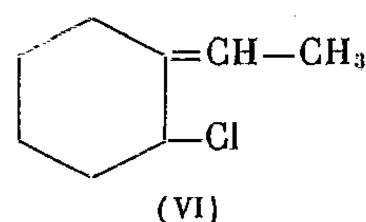
L'action de la diméthylamine, en solution benzénique, sur le mélange des chlorures précédents est parallèle à celle de la thiourée : on isole, avec les mêmes rendements; un seul N-diméthylamino-2 éthylidène-cyclohexane (IX)



(VIII)



(VII)



(VI)

(picrate F 140°) et le N-diméthylamino-6 éthyl-1 cyclohexène (X) [*cf.* ([3])]. Elle ne provoque donc pas le type de réarrangement constaté pour les homologues méthylés.

L'halohydrine trans (V*b*), traitée dans les mêmes conditions, donne un mélange des chlorures (VII) et (VIII) seulement, trouvé %, Cl 24,6 en proportions sensiblement égales, et identifiés comme il vient d'être indiqué. Mais on isole, en outre, de l'éthyl-1 cyclohexène-1 one-6 (XI) (D. N. P. F 223-4°) avec un rendement de 12-15 %. Notons, parallèlement, qu'une faible quantité Rdt 2-3 % de méthyl-1 cyclohexène-1 one-6 se forme à partir du méthyl-1 chloro-2 cyclohexanol trans.

([5]) Ramirez et Kirby, *J. Am. Chem. Soc.*, 74, 1952, p. 4331.

CRISTALLOGRAPHIE. — *Déformations permanentes de solides polycristallins après action d'une pression hydrostatique élevée.* Note (*) de MM. **Haï Vu** et **Pierre Johannin**, présentée par M. Gustave Ribaud.

Des échantillons de zinc, cadmium et aluminium ont été microphotographiés avant et après compression hydrostatique. Les deux premiers, de système hexagonal, sont déformés; l'aluminium, de système cubique, ne l'est pas.

Au cours d'études sur des jauges de pression à résistance électrique, nous avons été gênés par leurs faibles variations irréversibles et nous avons été ainsi amenés à étudier les déformations permanentes que peut subir un solide polycristallin sous l'effet d'une pression isotrope.

On sait que les effets des contraintes anisotropes (même dans un milieu sous pression élevée) ont été beaucoup étudiés mais il ne semble pas qu'on ait examiné jusqu'ici les déformations permanentes résultant d'une pression hydrostatique. Cependant, dans un solide polycristallin isotrope à l'échelle macroscopique, on peut s'attendre à observer de telles déformations si les grains non orientés sont anisotropes et par suite peuvent exercer les uns sur les autres des contraintes de différents types. Les déformations permanentes sont d'autant plus faciles à observer que, dans une direction donnée, les compressibilités seront plus différentes de part et d'autre d'un joint de grain et que la limite d'élasticité sera plus faible.

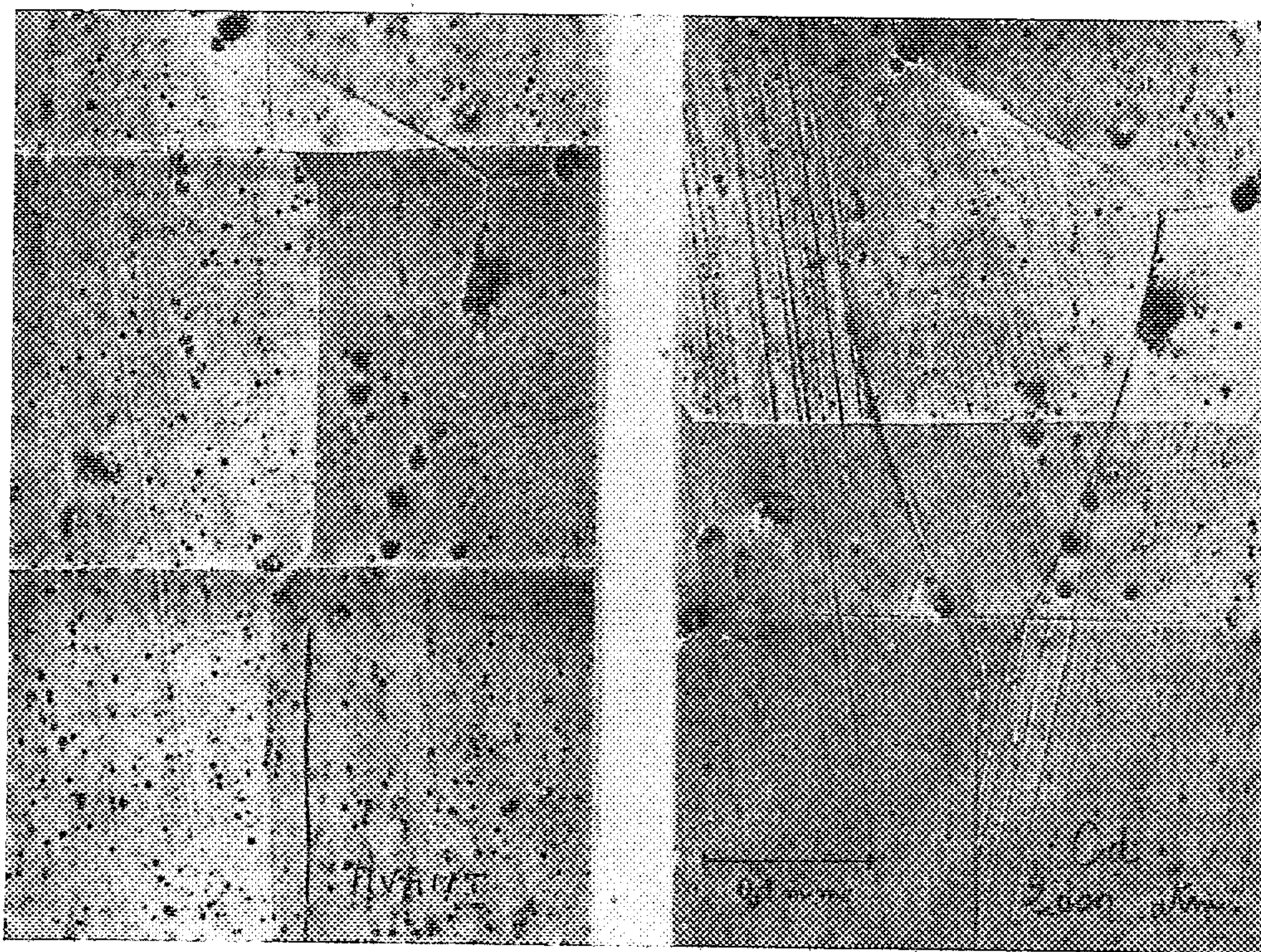
Ces considérations nous ont fait choisir le zinc (système hexagonal, compressibilités $a_{\parallel}= 12,98\ 10^{-7}$ et $b_{\perp}= 1,94\ 10^{-7}$) et le cadmium (même système, $a_{\parallel}= 18,3.10^{-7}$ et $b_{\perp}= 2,1.10^{-7}$). De petits échantillons de ces métaux, de forme à peu près cubique, sont recuits en atmosphère d'argon, puis polis électrolytiquement et photographiés à l'aide d'un microscope à réflexion Nachet muni d'un dispositif à contraste de phase système Françon-Nomarski. Les échantillons sont ensuite soumis dans de l'huile de ricin à des pressions pouvant atteindre 9000 atm., la montée et la descente en pression étant lentes, la pression maximum étant maintenue quelques minutes et la durée totale d'un cycle étant de 1 à 3 h. Nous nous sommes imposé de telles durées en raison de la viscosité de l'huile de ricin aux pressions les plus élevées (au-dessus de 6000 atm.); viscosité qui aurait pu causer des contraintes anisotropes.

A titre de vérification, nous avons pu constater que l'aluminium, métal de

(*) Séance du 1er août 1955.

structure cubique, n'a montré aucune trace de déformations permanentes, même à la pression maximum de nos expériences.

Par contre le cadmium présente des déformations très nettes après compression à 2000 atm. seulement (*figure*), déformations déjà visibles sans contraste de phase. Ces déformations croissent avec la pression et deviennent visibles à l'œil nu après 10 cycles à 8000 atm. mais pour ces pressions, l'origine des phénomènes est plus complexe parce qu'il existe des transformations allotropiques du cadmium au-dessus de 2500 atm. Dans le cas du zinc (qui ne présente aucune transformation allotropique dans notre gamme de pression) les



déformations sont également facilement observables. On constate qu'il s'agit de déformations assez complexes, variables suivant le métal et la pression : glissements aux joints, fractures des grains et bandes de glissement à l'intérieur des grains.

L'étude plus poussée des phénomènes que nous signalons pourrait avoir un intérêt pratique car ils sont susceptibles d'intervenir entre autres dans la résistance mécanique des réservoirs soumis à la pression et dans la stabilité déjà évoquée au début de ce texte, des jauges secondaires de pression.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Sur une application de la méthode de Chandrasekhar à l'étude du rayonnement diffusé dans des couches de brume.* Note (*) de M[lle] **Jacqueline Lenoble**, transmise par M. Jean Cabannes.

On a essayé d'appliquer la méthode d'approximation de Chandrasekhar à la diffusion du rayonnement du Soleil et du ciel dans une couche diffusante plane et homogène à grosses particules (brouillard ou mer); deux exemples de calcul numérique sont donnés.

S. Chandrasekhar [1] a développé récemment, pour étudier la propagation du rayonnement dans un milieu diffusant, une méthode qui est bien connue des astrophysiciens, mais qui ne semble pas avoir encore été étendue aux problèmes de visibilité dans le brouillard ou la mer, où elle doit pouvoir rendre de grands services.

Nous rappellerons brièvement les notations employées et le principe de la méthode : la couche diffusante est supposée plane et homogène, ayant un coefficient d'absorption totale K (absorption par diffusion $\varpi_0 K$ et absorption propre $(1 - \varpi_0)K$); une direction est repérée par les angles θ avec la verticale ascendante et φ avec le plan vertical passant par le Soleil; nous poserons $\mu = \cos\theta$; une altitude est repérée par la densité optique τ de la couche au-dessus d'elle; le rayonnement incident à $\tau = 0$ comprend le rayonnement du Soleil (éclairement πF sur un plan perpendiculaire à sa direction $(\mu'_0, 0)$) et le rayonnement diffusé du ciel. Le coefficient de diffusion dans la direction (μ, φ) d'un rayonnement incident suivant la direction (μ', φ') est $Kp(\mu, \varphi; \mu', \varphi')/4\pi$, que nous représenterons pour les milieux diffusants à grosses particules par un développement en polynomes de Legendre

$$p(\mu, \varphi; \mu', \varphi') = \sum_{l=0}^{N} \varpi_l P_l(\cos(\mu, \varphi; \mu', \varphi'))$$

Soit $I(\tau, \mu, \varphi)$ la luminance à l'altitude τ du rayonnement diffusé se propageant dans la direction (μ, φ); nous utiliserons le développement :

$$I(\tau, \mu, \varphi) = \sum_{m=0}^{N} I^m(\tau, \mu) \cos m\varphi.$$

L'équation régissant la propagation du rayonnement, qui est :

$$(1) \quad \mu \frac{dI(\tau, \mu, \varphi)}{d\tau} = I(\tau, \mu, \varphi) - \frac{1}{4\pi}\int_{-1}^{+1}\int_{0}^{2\pi} p(\mu, \varphi; \mu', \varphi')\, I(\tau, \mu', \varphi')\, d\mu'\, d\varphi' - \frac{1}{4} p(\mu, \varphi; \mu'_0, 0)\, F e^{\frac{\tau}{\mu'_0}}$$

se sépare en N équations intégro-différentielles en τ et μ.

(*) Séance du 1[er] août 1955.

(1) *Radiative Transfer*. Oxford, At the Clarendon Press (1950).

La méthode des ordonnées discrètes de Chandrasekhar consiste, en utilisant la formule de quadrature de Gauss, à remplacer chacune de ces équations par un système de $2n$ équations différentielles linéaires en τ, dont la résolution ne présente plus de difficultés mathématiques, et qui donne une valeur approchée de $I^m(\tau, \mu)$ pour $2n$ directions μ_i; ce système s'écrit :

$$(2)\quad \mu_i \frac{d\,I^m(\tau, \mu_i)}{d\tau} - I^m(\tau, \mu_i) + \frac{1}{2}\sum_{l=m}^{N} \varpi_l \frac{(l-m)!}{(l+m)!} P_l^m(\mu_i) \sum_{j=-n}^{+n} a_j P_l^m(\mu_j)\, I^m(\tau, \mu_j)$$
$$= -\frac{F}{4} e^{\frac{\tau}{\mu'_0}}(2-\delta_{0m}) \sum_{l=m}^{N} \varpi_l \frac{(l-m)!}{(l+m)!} P_l^m(\mu_i) P_l^m(\mu'_0),$$

où

$$i = \pm 1, \quad \pm 2, \quad \ldots, \quad \pm n;$$

les μ_i sont les zéros du polynome de Legendre d'ordre $2n$ et a_i les nombres de Christoffel correspondants; $P_l^m(\mu_i)$ sont les fonctions de Legendre; δ_{0m} est égal à 1 si $m = 0$ et à zéro dans les autres cas.

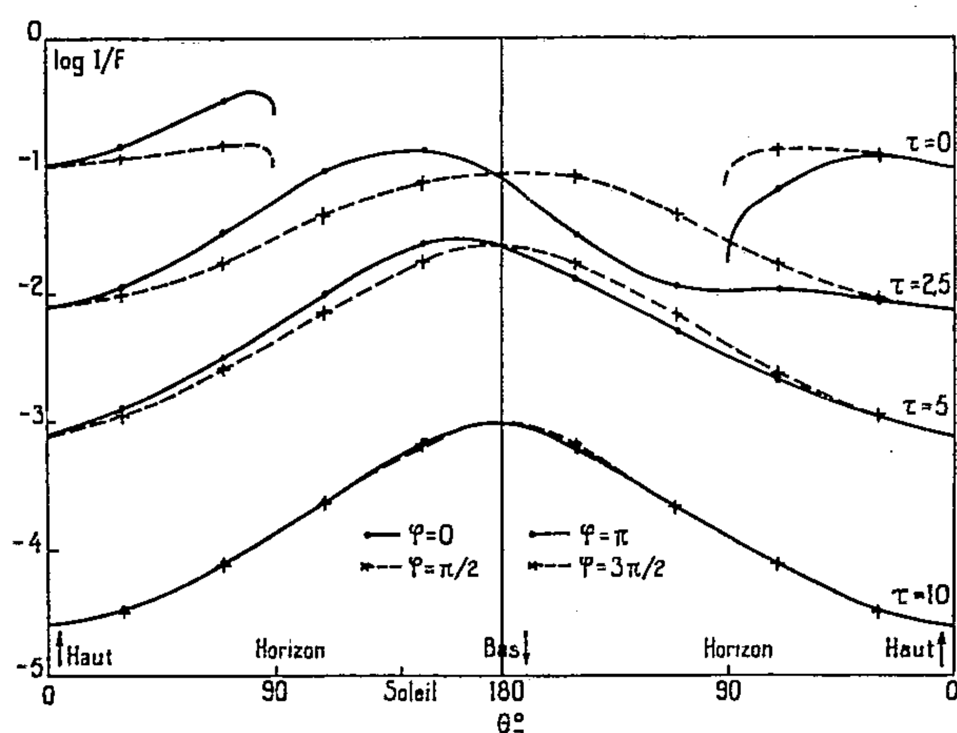


Fig. 2.

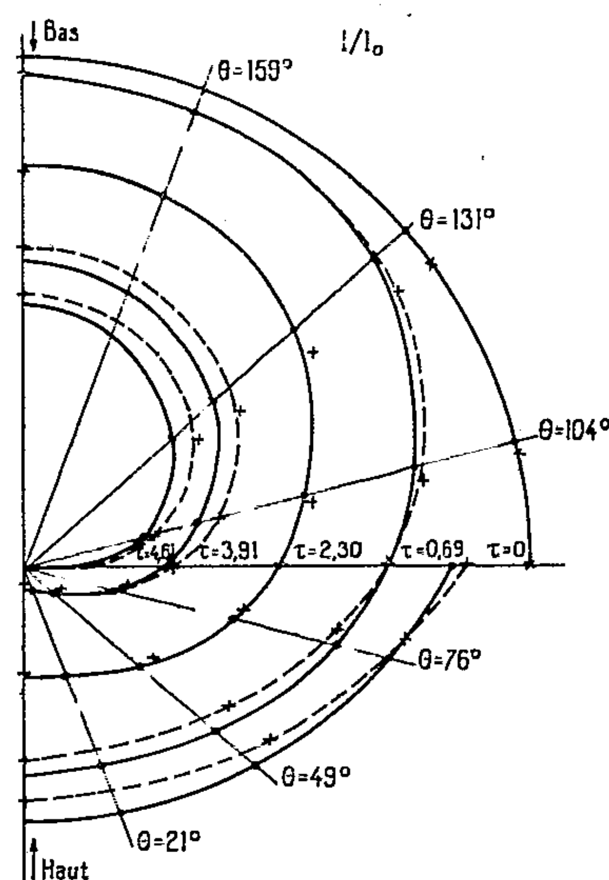


Fig. 1.

Nous avons essayé d'appliquer cette méthode en utilisant le développement d'ordre $N = 2$ avec $\varpi_1 = 1,73\varpi_0$, $\varpi_2 = \varpi_0$, et nous en donnerons ici deux exemples.

Le premier cas étudié (dans l'approximation $n = 3$) est celui d'une couche d'épaisseur optique $\tau_1 = 4,61$, où $\varpi_0 = 1$, au-dessus d'un sol noir et éclairée uniquement par un ciel de luminance uniforme I_0; les valeurs de I/I_0 en fonction de θ sont portées en coordonnées polaires pour diverses altitudes optiques τ sur la figure 1; les croix (et courbes en pointillé) représentent les valeurs de

MM. Olivier et Kuntzmann (²) obtenues dans le même cas, par calcul numérique direct utilisant l'indicatrice de diffusion de Gumprecht.

Le deuxième cas (approximation $n=2$) est celui d'une couche infinie, où $\varpi_0 = 0{,}66$, éclairée uniquement par le Soleil à une distance zénithale de $40°$; les valeurs de log I/F en fonction de θ, dans le plan vertical passant par le Soleil ($\varphi = 0$ et $\varphi = \pi$) et dans le plan perpendiculaire ($\varphi = \pi/2$ et $\varphi = 3\pi/2$) sont portées sur la figure 2, pour diverses valeurs de τ.

Cette méthode semble donc permettre, par des calculs rapides, d'atteindre des résultats sur la répartition de luminance dans une couche diffusante, qui sont facilement confrontables aux résultats expérimentaux.

GÉOPHYSIQUE. — *Sur la comparaison des enregistrements des valeurs de la composante horizontale magnétique du champ terrestre (indice* K) *à Kerguelen et Heard Island.* Note (*) de M. **Aimé Luchet**, présentée par M. Jean Cabannes.

La Mission de l'Armée de l'Air aux îles Kerguelen (Station du Service de

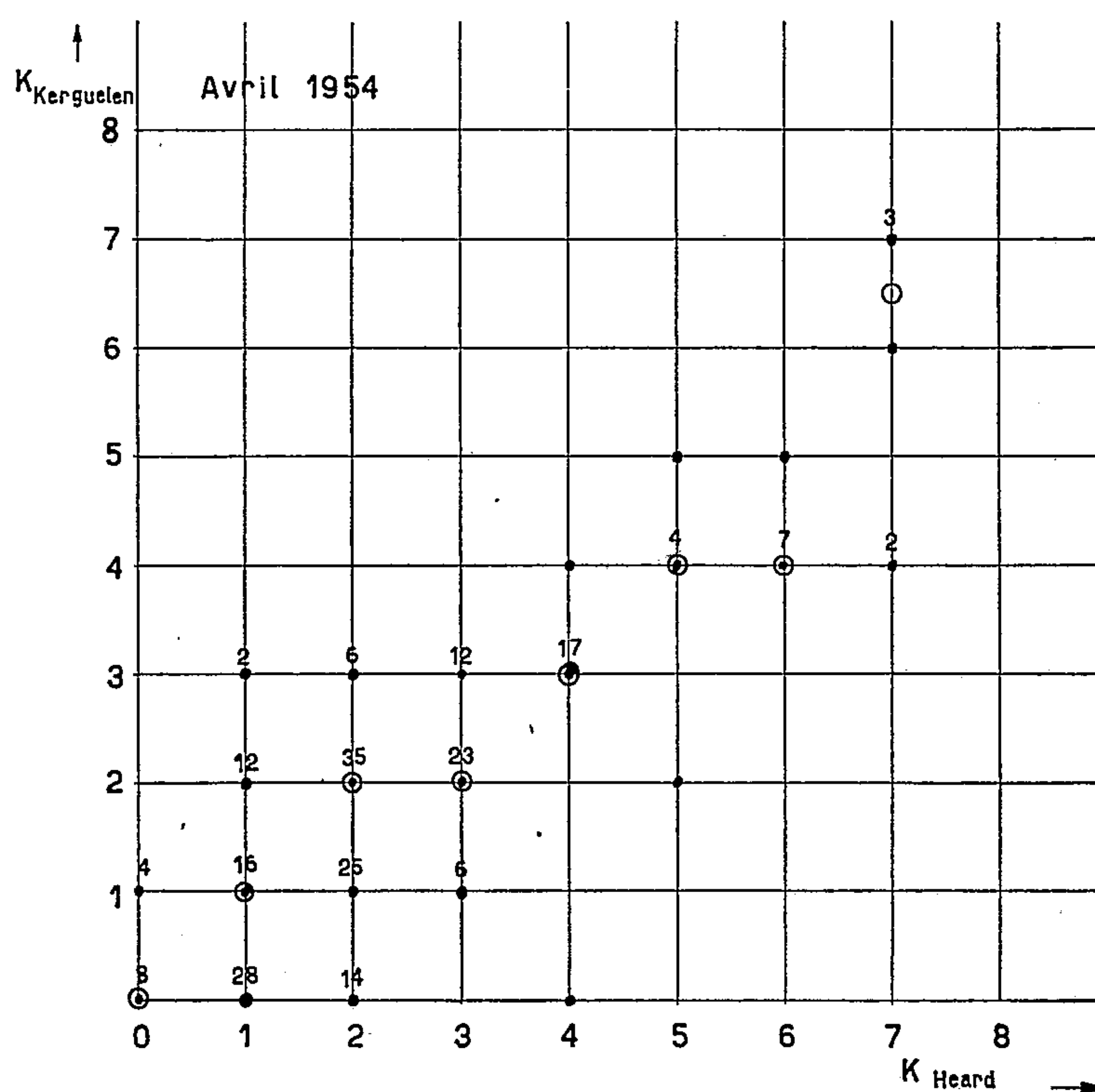


Fig. 1.

(²) Communication personnelle.

(*) Séance du 1er août 1955.

Prévision ionosphérique militaire à Port-aux-Français) a enregistré de mars à décembre 1954 la variation de la composante horizontale magnétique du champ terrestre (indice K).

Une série de mesures a été effectuée séparément par l'*Australian National Antartic Research Expedition's* à la station de *Heard Island* durant la période mars-septembre 1954, et nous a été communiquée par M. Lodwick. Une comparaison des valeurs de K a pu être ainsi effectuée d'une façon détaillée.

On constate que les valeurs élevées de K ($4 \leqq K \leqq 8$) sont supérieures à Heard d'une façon générale, la droite de corrélation possédant une pente inférieure à l'unité (*fig.* 1 et 2).

Il est difficile de formuler une conclusion concernant les valeurs de K infé-

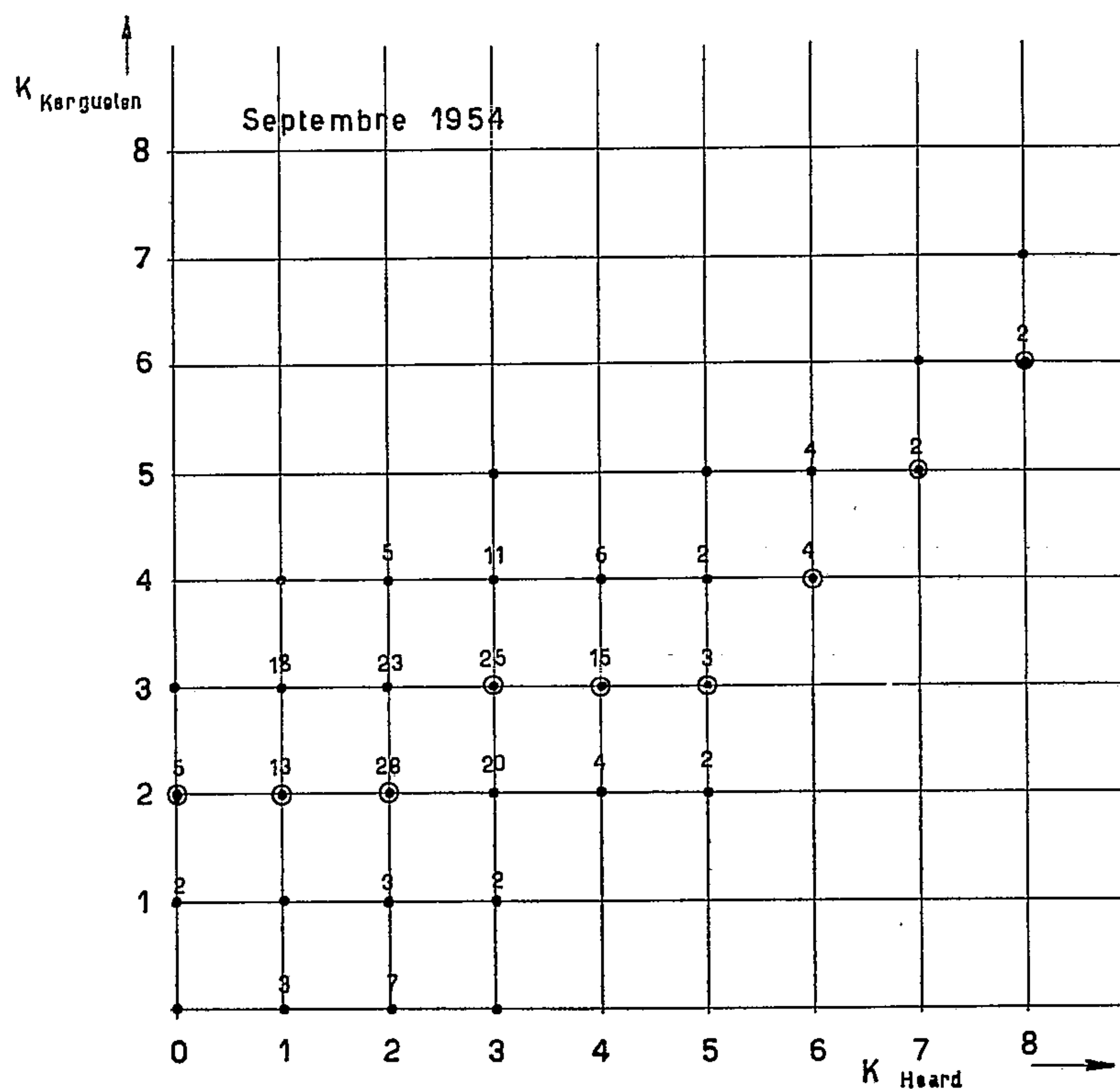


Fig. 2.

rieures à 3 : la précision des lectures est insuffisante d'une part et ces valeurs subissent d'autre part l'influence des variations locales.

Si nous ne tenons compte que des valeurs de $K \geqq 3$ (cette valeur étant mesurée pour un intervalle de trois heures), nous obtenons la répartition suivante : mars : 58, avril : 54, mai : 16, juin : 4, juillet : 17, août : 39, septembre : 80.

Ceci confirme le fait connu que l'agitation magnétique est particulièrement forte durant les équinoxes.

Le coefficient de corrélation relatif aux mesures effectuées par les deux stations est voisin de 0,7.

Les ionogrammes obtenus lors de ces fortes variations magnétiques sont caractéristiques d'une ionosphère extrêmement agitée; la couche F_2 a un aspect diffus et turbulent; sur les enregistrements où peut être évaluée la fréquence critique, on constate qu'elle est sujette à des variations rapides présentant de fortes discontinuités; au niveau de la région E apparaissent des couches aurorales.

Une étude détaillée paraîtra dans un autre périodique.

BOTANIQUE. — *Effet de la destruction totale de la zone périphérique de l'apex chez* Impatiens Roylei *Walp.* Note de M. **Jean-Edme Loiseau**, présentée par M. Roger Heim.

La zone axiale du sommet végétatif peut former un nouvel apex et donner naissance à une tige feuillée qui possède, dans la plupart des cas, deux hélices foliaires au lieu de trois. Les méristèmes apicaux ne sont pas prédéterminés.

Nous avons montré [1] comment des destructions partielles de la zone périphérique de l'apex (anneau initial) provoquent la suppression d'une hélice foliaire dans un nombre de cas proportionnel à l'importance de la lésion. Nous étudions ici l'effet de la destruction totale de l'anneau. Cette expérience doit permettre de répondre à deux questions :

1° La zone axiale de l'apex peut-elle produire des feuilles ? Autrement dit, les différentes cellules de l'apex sont-elles prédéterminées, ou, au contraire, leur fonctionnement dépend-il de leur position dans un ensemble ?

2° Est-il possible, grâce à une mutilation plus importante que les précédentes, de supprimer deux hélices foliaires et d'obtenir une tige à une seule hélice ?

Technique. — Des piqûres contiguës répétées, ne laissent subsister qu'un cylindre méristématique correspondant à la zone axiale (*fig.* 1, en hachures la partie détruite). Des essais préliminaires ont montré la nécessité de précautions spéciales : après l'opération, une goutte d'eau est déposée sur le sommet, puis les plantes séjournent en atmosphère très humide, sinon la petite portion de sommet conservée se dessèche et meurt. L'expérience intéresse 63 plantes cultivées en pots, et possédant 2 ou 3 verticilles de 3 feuilles. Les sommets sont examinés 11, puis 18 jours après l'opération; les plantes sont ensuite repiquées en pleine terre.

Résultats. — 1. 49 sommets se développent en tiges feuillées. 14 meurent immé-

(1) *Comptes rendus*, 240, 1955, p. 1715.

diatement ou se différencient après un temps variable. Dans certains cas, le fragment conservé est peut-être trop petit pour régénérer un apex [*cf.* Ball (²)].

2. Il ne se forme, en aucun cas, de tige présentant une seule hélice foliaire.

3. La proportion de tiges chez lesquelles nous supprimons une hélice est très importante : 43 sur 49. L'évolution post-opératoire de leur sommet est assez uniforme : chez 39 d'entre elles, 2 feuilles apparaissent au même niveau, simultanément ou avec un léger décalage dans le temps; elles sont opposées ou presque opposées (*fig.* 2, aspect d'un sommet 18 jours après l'intervention) et constituent le point de départ de 2 hélices. Parfois, l'une d'elles possède une

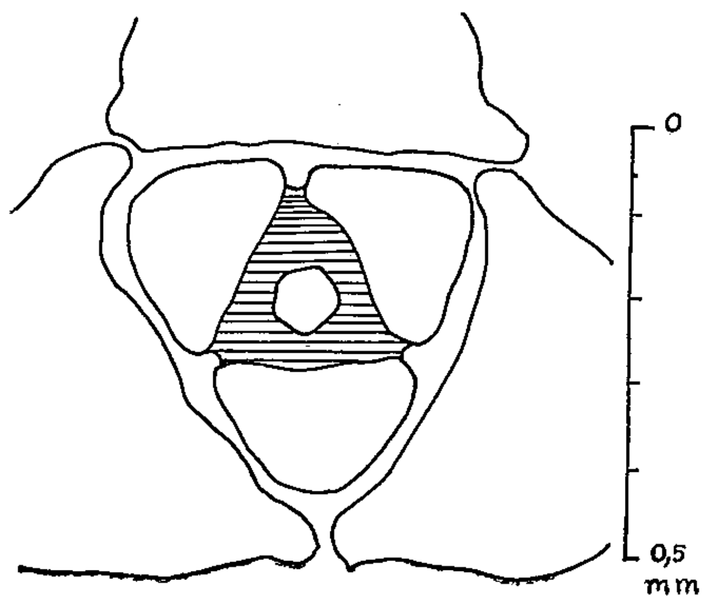


Fig. 1.

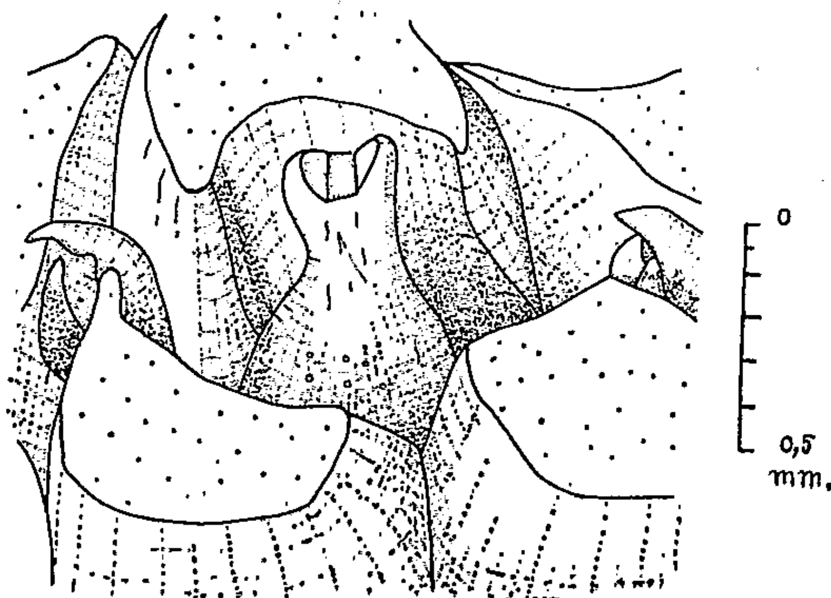


Fig. 2.

base plus large que l'autre et peut être bivalente. Chez 4 plantes seulement, il se forme d'abord une feuille isolée.

4. Une régularisation immédiate ou sub-immédiate a lieu dans 5 cas, et un sommet s'est dissocié.

Comparaison avec notre expérience de destructions partielles (¹). — 1° Nous supprimons une hélice dans un nombre de cas proportionnellement plus élevé. Cette différence ne peut être imputée aux conditions de culture, car elles sont meilleures ici (culture en pots au lieu de culture sur l'eau); c'est donc la réduction de volume du sommet qui intervient. Il sera cependant nécessaire, pour une comparaison plus précise, de reprendre, sur un même lot de plantes, la destruction des 2/3 et la destruction totale de l'anneau.

2° La régularisation à 3 hélices se produit moins souvent : parmi les plantes à 2 hélices repiquées en pleine terre, une régularisation ultérieure intervient dans 40 cas sur 54 après des destructions partielles diverses, et dans 21 cas sur 43 ici.

Interprétation. — Pour expliquer ces différences, nous proposons deux hypothèses, dont la deuxième pourrait n'être d'ailleurs qu'une conséquence de la première :

(²) *Growth*, 16, 1952, p. 151-174.

1. Le manque de régularisation serait dû à des connexions anatomiques insuffisantes. Quand tout l'anneau est supprimé, le procambium est détruit, et il n'existe plus de communication avec le système conducteur sous-jacent. Des raccords se forment par la suite, comme l'ont montré Wardlaw (³) et Ball (⁴) dans des expériences un peu différentes ; mais cette vascularisation néo-formée n'est peut-être pas suffisante pour assurer une nutrition normale de l'apex.

2. Plus le traumatisme est important, moins le sommet parviendrait à retrouver son volume normal, et deux centres générateurs suffiraient alors à occuper tout l'espace disponible.

Conclusions. — 1. Ces nouveaux résultats confirment et complètent les précédents (¹).

2. Les cellules des méristèmes apicaux ne sont pas prédéterminées. Diverses expériences de sectionnement ou d'isolement de fragments d'apex nous ont conduit à la même constatation : un primordium peut se former n'importe où, il suffit que la région intéressée prenne une position périphérique par rapport à l'ensemble. Des travaux récents, comme ceux de Ball (²) montrent également la totipotence des cellules méristématiques apicales. Une étude cytologique sera nécessaire pour préciser comment un nouvel anneau initial se forme à partir de la zone axiale.

3. L'impossibilité d'isoler, sur une tige, une seule hélice foliaire, implique l'intervention d'un facteur intrinsèque au sommet, dont l'équilibre semble exiger, chez *I. Roylei*, la présence de deux centres générateurs au moins.

PHYSIOLOGIE. — *Sur l'importance du rapport monoiodotyrosine/diiodotyrosine dans la biosynthèse des hormones thyroïdiennes.* Note (*) de MM. **François Lachiver** et **Jacques Leloup**, présentée par M. Paul Portier.

Dans la thyroïde du Rat, il semble que les proportions respectives de monoiodotyrosine et diiodotyrosine varient avec l'intensité du fonctionnement thyroïdien et déterminent les quantités de 3; 5 : 3' triiodothyronine et de thyroxine synthétisées. Ce fait est en accord avec l'hypothèse de la synthèse de triiodothyronine par couplage de mono et diiodotyrosine.

Actuellement le schéma le plus communément admis pour expliquer la biosynthèse des hormones thyroïdiennes, est celui du couplage de MIT et DIT (¹) molécule à molécule pour donner, soit TRIth (MIT + DIT), soit

---

(³) *Nature*, 156, 1945, p. 39-41; *Phil. Trans. Roy. Soc. London*. 234, B-620, 1950. p. 583-604.

(⁴) *Amer. J. Bot.*, 39, 1952, p. 167-191.

(*) Séance du 1er août 1955.

(¹) Les abréviations suivantes sont utilisées dans le texte : MIT : monoiodotyrosine, DIT : diiodotyrosine, TRIth : 3 : 5 : 3' triiodothyronine, Tx : thyroxine.

Tx (DIT + DIT) ([2]). S'il en est bien ainsi des modifications expérimentales du rapport des concentrations des précurseurs supposés, probablement en relations avec des fluctuations de l'intensité du fonctionnement thyroïdien, seront susceptibles de favoriser la synthèse de l'une ou l'autre hormone thyroïdienne. Nous avons cherché à vérifier une telle hypothèse.

Plusieurs séries expérimentales, comprenant au total 34 rats ♂ ou ♀ adultes de poids compris entre 126 et 300 g. et placés à une température voisine de + 22° C, ont été réalisées à diverses époques de l'année (février, juillet, octobre, décembre). Les rats maintenus à un régime pauvre ou riche en iode pendant 3 mois afin d'assurer un état d'équilibre thyroïdien, sont sacrifiés 2, 6, 24 ou 72 heures après une injection de 30 μc de ^{131}I sans entraîneur. Le protocole expérimental permettant de réaliser la carence ou la surcharge iodée ainsi que les techniques d'hydrolyse de la thyroïde et de chromatographie sont analogues à celles décrites précédemment ([3]). Les rapports X = MIT/DIT et Y = TRIth/Tx sont calculés à partir des données fournies par l'analyse radiochromatographique quantitative.

Les valeurs de X et Y semblent être en rapport avec l'intensité du fonctionnement thyroïdien, ceci quel que soit le temps considéré après injection de ^{131}I. En effet, chez les rats carencés en iode pour lesquels nous avons montré récemment ([3]) que la vitesse de renouvellement de l'iode intrathyroïdien est élevée et l'hormonogenèse intense, X est toujours supérieur à 1 et peut atteindre 2,9, tandis que Y est compris entre 0,73 et 2. Par contre, chez les rats en surcharge iodée dont le fonctionnement thyroïdien est ralenti, X est toujours inférieur à 1 et Y compris entre 0,2 et 0,28. Le calcul à partir des valeurs expérimentales individuelles montre l'existence d'une corrélation entre X et Y pour laquelle $r = +0{,}962$ $(P < 0{,}01)$. L'équation de la régression de Y sur X calculée à partir du coefficient de corrélation est : $Y = -0{,}26 + 0{,}78X \pm 0{,}185$. Dans le graphique de la figure 1 sont indiqués les points expérimentaux et tracées la droite de régression (en trait plein) et les droites correspondant à $Y \pm 2\sigma$ (en traits interrompus).

La relation entre X et Y montre que le rapport MIT/DIT semble conditionner les taux respectifs des hormones thyroïdiennes : à un pourcentage élevé de MIT correspond un pourcentage relativement élevé de TRIth. Ce fait associé à la constance relative de MIT aux temps étudiés après l'injection de ^{131}I et à l'apparition simultanée de Tx et TRIth indique que MIT ne peut être considérée uniquement comme le précurseur de DIT mais participe à la synthèse de TRIth en accord avec l'hypothèse de Roche ([2]). En outre les variations corrélatives de X et Y indiquent que les proportions respectives des différents acides aminés iodés dans la thyroglobuline ne sont pas constantes mais peuvent être profondément modifiées suivant l'état physiologique de la glande.

([2]) J. Roche, S. Lissitzky, R. Michel, *Bioch. Biophys. Acta*, 11, 1953, p. 220.
([3]) J. Leloup et F. Lachiver, *Comptes rendus*, 1955, p. 509.

Cette relation établie sur des rats à des régimes déterminés peut-elle être étendue à des rats d'un autre élevage et à d'autres Vertébrés ? Il semble que l'on puisse répondre par l'affirmative. En effet, nous avons porté sur le graphique de la figure 1, les points expérimentaux calculés à partir des données de divers auteurs sur le Rat ([2]), l'Homme ([4]) et un Téléostéen, le Périophthalme ([5]) après injection de ^{131}I et chez l'Homme ([6]) pour l'iode normal (^{127}I). Tous ces points sont compris entre les deux droites Y $\pm 2\sigma$. Une

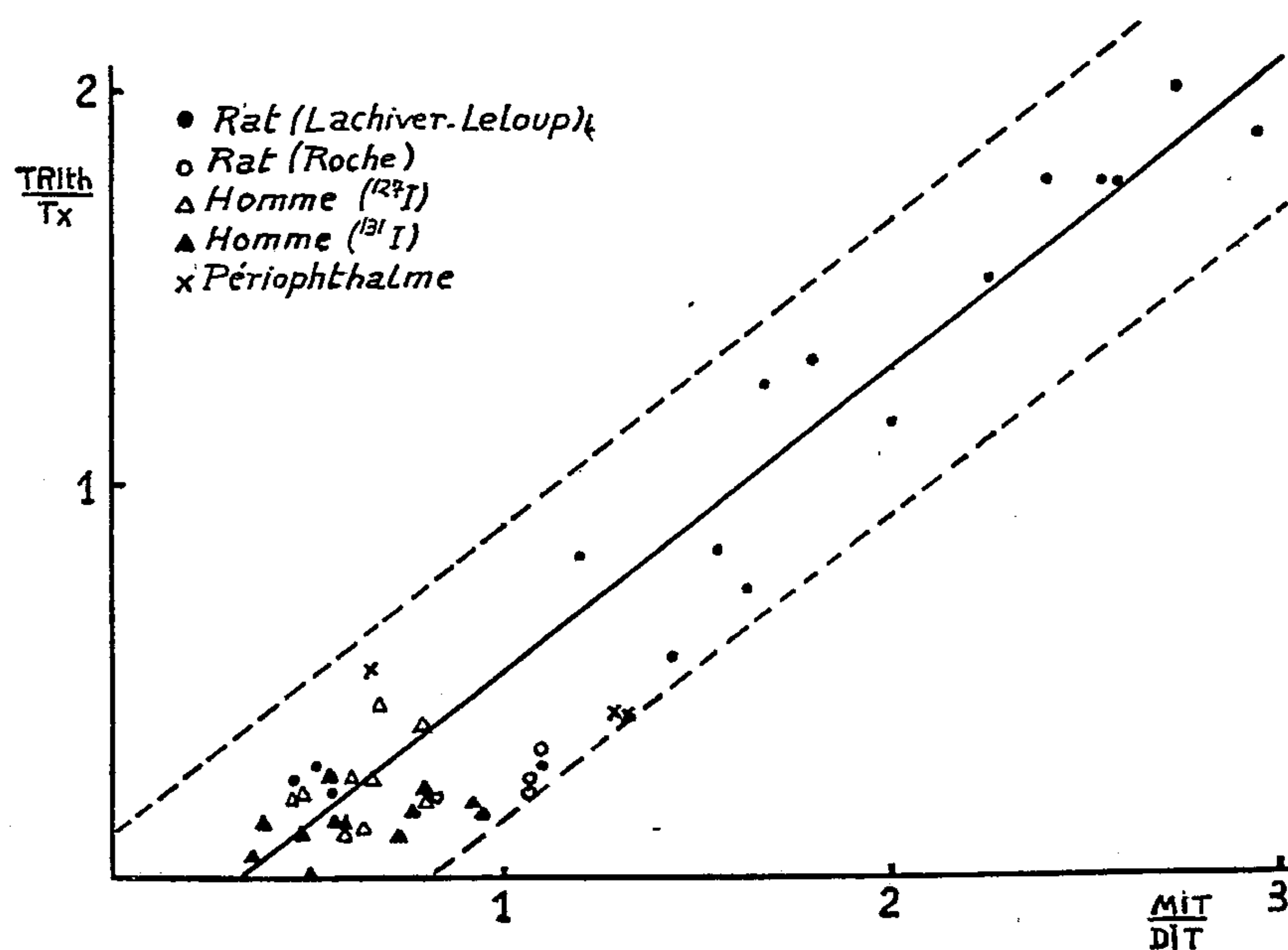


Fig. 1.

restriction importante est cependant nécessaire. La fonction calculée entre X et Y ne semble plus applicable, d'une part, aux homéothermes dont le fonctionnement thyroïdien a été perturbé récemment sous l'influence de divers facteurs (hormone thyréotrope, hypophysectomie, modifications de la *t*° corporelle, etc...), ces animaux n'étant probablement plus en état d'équilibre thyroïdien, et d'autre part, lorsque le fonctionnement thyroïdien est particulièrement lent (certains pœcilothermes) l'équilibre entre ^{131}I et ^{127}I pour MIT et DIT étant atteint très tardivement.

([4]) J. W. Braasch, E. V. Flock, A. Albert, *Endocrinology*, 55, 1954, p. 768.

([5]) J. Leloup (recherches en cours, en coll. avec M. Fontaine).

([6]) J. W. Braasch, A. Albert, F. R. Keating, B. M. Black, *J. clin. endocrinol. métab.*, 15, 1955, p. 732.

ZOOLOGIE. — *Note préliminaire sur l'œil de* Latimeria chalumnæ (*Crossoptérygien cœlacanthidé*). Note de M. **Jacques Millot** et Mlle **Nina Carasso**, transmise par M. Pierre-P. Grassé.

L'œil de *Latimeria* se présente comme une sphère aplatie latéralement, à parois résistantes et fermes, de taille relativement grande. Ses principales dimensions chez un mâle de 128 cm de longueur (C 3) sont les suivantes : diamètres extérieurs : 60 × 57 mm; diamètres intérieurs : 52 × 49 mm; diamètre interne antéro-postérieur : 32 mm; diamètre de l'ouverture orbitaire : 49 × 45 mm.

La cornée légèrement ovalaire (43 × 40 mm) a une courbure très faible. La pupille est large. Le cristallin, subsphérique et très dense (24 × 23 mm), situé très en avant, touche presque la cornée, comme chez la plupart des Sélaciens et des Chondrostéens, la chambre antérieure étant fort peu profonde. Le corps vitré est extrêmement liquide, sauf une couche périphérique condensée formant parfois sur les pièces fixées un coagulum anhiste à la surface de la rétine. La partie fibreuse de la sclérotique est doublée d'une lame cartilagineuse continue, d'épaisseur variable, mince à l'avant (0,5 mm), augmentant vers l'arrière jusqu'à la sortie du nerf optique qu'elle enserre étroitement (1,8 mm). Elle contient, en outre, comme chez la plupart des Crossoptérygiens fossiles, un anneau péricornéen de plaques sclérales calcifiées à contours irréguliers : on en compte 18 à 20, leur nombre exact variant suivant les individus par suite de la fusion de certaines d'entre elles les unes avec les autres.

La choroïde, fortement pigmentée et vascularisée, est doublée d'un magnifique tapis irisé dont le spectre de réflexion a été trouvé par Lenoble et Legrand (1954) presque identique à celui du Chat. Comme celle de la sclérotique, son épaisseur est variable (0,15 à 0,9 mm) et plus forte en arrière qu'en avant. On lui distingue, de dedans en dehors, une membrane basale, ou vitrée, sur laquelle repose une couche chorio-capillaire très mince, inégalement différenciée suivant les régions — une deuxième membrane vitrée — plusieurs couches superposées de cristaux formant le tapis — une large zone conjonctivo-vasculaire densément peuplée de mélanophores dans toute son étendue. Les cristaux du tapis sont-ils seuls responsables de l'aspect phosphorescent de l'œil visible de loin la nuit sur l'animal vivant ? Des recherches spéciales seraient à entreprendre à ce sujet.

La rétine est avasculaire. On y remarque la papille allongée, mesurant environ 1 mm de large sur 3 de long, mais aucune fovea. L'épithélium est entièrement apigmenté : il reste adhérent à la choroïde lorsqu'on sépare celle-ci de la rétine. Les cellules visuelles sont quasi-exclusivement représentées par des bâtonnets nombreux, serrés, à segments externes longs, de 70 à 80 μ

de hauteur. Les cônes sont rarissimes, la plupart des préparations n'en montrant aucun : ils contiennent une boule claire, très nette. Les couches cellulaires nerveuses sont remarquablement pauvres en éléments, particulièrement pour ce qui est des cellules multipolaires, si espacées qu'il faut quelque attention pour reconnaître leur existence, et que, la couche qu'elles forment habituellement faisant défaut, la rétine semble incomplète. Cette disposition, déjà plus ou moins indiquée chez les Cyclostomes et les Sélaciens, est beaucoup plus accentuée chez les Cœlacanthes où le rapport numérique entre les cellules visuelles et les cellules ganglionnaires, et la convergence qui en résulte, sont parmi les plus élevés qui aient jamais été observés. Les cellules de Muller, par contre, paraissent particulièrement nombreuses.

Une telle structure indique à l'évidence qu'il s'agit d'un œil à acuité très faible, à vision des couleurs quasi-nulle, mais à sensibilité lumineuse développée au maximum, ce que confirme d'ailleurs l'extrême photophobie de l'animal constatée par l'un de nous (Millot, 1955), et ce qui s'accorde avec son habitat (eau profonde).

Un tel organe diffère notablement de celui des Dipneustes, des Polyptères et des Téléostéens. C'est de l'œil des Sélaciens qu'il se rapprocherait le plus par le peu de profondeur de la chambre antérieure, la faible courbure de la cornée, l'apigmentation de l'épithélium rétinien, l'éclat du tapis choroïdien, l'absence presque totale de cônes, le grand nombre des bâtonnets minces et longs, la rareté des cellules ganglionnaires. Il s'en écarte par sa plus grande simplicité, ses dimensions relativement plus fortes, l'absence de campanule même rudimentaire, la zone ciliaire dépourvue de plis radiaires. Mais, sans doute, la plupart des caractères qu'il présente sont-ils plus dépendants de la vie en profondeur sous d'infimes éclairements, que la marque de structures propres à un phylum zoologique. Et la remarquable unité de l'organe visuel dans la série des Vertébrés se trouve une fois de plus confirmée.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Évolution des acides aminés libres des graines de Haricot* (Phaseolus vulgaris) *au cours de la germination*. Note de MM. **Paul Boulanger**, **Jean Claveau** et **Gérard Biserte**, présentée par M. Maurice Lemoigne.

Le chromatogramme bidimensionnel des acides aminés libres de la graine de Haricot est caractérisé par la prédominance considérable de l'acide pipécolique et de l'arginine; la germination modifie profondément cet aspect : augmentation de la concentration de nombreux amino-acides et apparition d'un taux très élevé d'asparagine.

Lorsqu'on chromatographie sur papier en deux dimensions les acides aminés libres de la graine de Haricot (*Phaseolus vulgaris*), on est frappé par l'importance des taches de l'acide pipécolique et de la zone des acides diaminés,

contrastant avec la faible concentration des autres amino-acides. Il nous a semblé intéressant de suivre les modifications du chromatogramme au cours de la germination, en l'absence de tout apport azoté et avant l'établissement de l'assimilation chlorophyllienne, et de préciser les variations relatives des principaux constituants dans les différents organes.

Les graines, préalablement lavées avec une solution diluée d'hypochlorite, sont mises à germer à la température du laboratoire dans un cristallisoir contenant de l'eau distillée stérilisée. Au bout de 11 jours, les graines germées sont séchées avec du papier-filtre; on sépare les enveloppes, les cotylédons, la racine avec les radicelles, et le reste de la plantule. Un échantillon moyen de chaque tissu est prélevé pour la détermination du résidu sec. Le reste est pesé et broyé en présence de 10 à 15 fois son poids d'éthanol chlorhydrique à 1 %. Les extraits alcooliques sont évaporés à 37° C sous pression réduite, le résidu est repris par l'eau distillée et déminéralisé par passage sur une colonne de Permutite 50; les acides aminés, retenus sur la colonne, sont déplacés par l'ammoniaque; la solution ammoniacale est évaporée à 37° C sous pression réduite et le résidu dissous dans un volume donné d'eau distillée (acidifiée par une trace d'acide chlorhydrique quand la dissolution est difficile). La solution obtenue, qui contient tous les acides aminés libres des tissus, est chromatographiée en deux dimensions sur papier Whatman n° 1 dans les solvants butanol/acide acétique/eau (5 : 1 : 4) et phénol (NH_3). La tache de la zone des diaminés a été identifiée par récupération et chromatographie en une dimension dans le butanol acétique (durée 4 jours) et dans le phénol-eau (CNK), en présence de témoins : elle est constituée exclusivement d'*arginine* (réaction de Sakaguchi positive). La tache voisine de la zone sérine-glycocolle (réaction à la ninhydrine brun-violacé), que l'on décèle dans les chromatogrammes de la plantule, a été récupérée et hydrolysée : elle est transformée quantitativement en acide aspartique : il s'agit donc d'*asparagine*.

Les résultats résumés dans le tableau montrent tout d'abord que l'acide pipécolique et l'arginine constituent la « réserve » la plus importante d'acides

		µg pour 10 mg de poids sec.			
Tissu.	Résidu sec (%).	Acide pipécolique.	Arginine.	Asparagine.	Autres acides aminés.
		Avant germination :			
Enveloppes	31,2	3	–	–	–
Cotylédons	47,3	40	40	–	Un peu d'acide glutamique et d'alanine
Germe	35,7	95	190	–	Un peu d'alanine, plusieurs taches inconnues
		Au 11e jour de germination :			
Enveloppes	19,8	–	–	–	Traces de phénylalanine et leucine
Cotylédons	22,3	8	40	–	Leucine : 8, Valine : 8, Alanine : 4
Racines	6,3	50	35	130	Valine : 50, Leucine : 50, Alanine : 25, Thréonine : 25, Glutamique : 25
Tigelle, feuilles	7,0	60	50	200	Valine : 60, Leucine : 60, Alanine : 60, Thréonine : 50, Dicarboxyliques : 60

aminés libres (plus des 2/3 du total) dans la graine du Haricot. Pendant la germination, les cotylédons s'appauvrissent en acide pipécolique, tandis que la teneur en arginine reste très nettement prédominante. Dans les tissus néoformés, au contraire, si les taux d'acide pipécolique et d'arginine sont encore élevés, d'autres amino-acides (leucine, valine, alanine, thréonine, dicarboxyliques) sont présents à des concentrations analogues; d'autre part, le réveil de l'activité métabolique est marqué par l'apparition d'un taux considérable d'asparagine (1,5 à 2 % du poids sec), de sorte que l'aspect général des chromatogrammes change totalement. Il est curieux de noter que la lysine, précurseur de l'acide pipécolique chez le Haricot, est pratiquement absente à l'état libre, avant comme pendant la germination.

Ces constatations plaident en faveur d'un rôle métabolique important dévolu à l'acide pipécolique et à l'arginine; elle font entrevoir la complexité des transferts d'azote lors du remaniement nécessité par l'édification de tissus nouveaux aux dépens des réserves de la graine.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Étude d'un polyoside capsulaire produit par* Pseudomonas fluorescens, *souche* 11 (1). Note (*) de M. **Robert G. Eagon** et M. **Raymond Dedonder**, transmise par M. Jacques Tréfouël.

Ps. fluorescens, souche 11, produit un polyoside capsulaire, composé de glucose, glucosamine et fucose. L'hydrolyse entraîne une destruction des oses libérés qui complique l'analyse. Les produits de l'hydrolyse partielle contiennent les oses dans la proportion : glucose 71, glucosamine 24, fucose 5, et deux holosides : un diholoside (1 glucose, 1 fucose), un tétraholoside (2 fucoses), 1 glucose, 1 glucosamine).

Dans une Note précédente, nous avons montré que *Ps. fluorescens* souche 11, formait un polyoside capsulaire contenant glucose, glucosamine et fucose (2). Nous examinons ici plus en détail la nature de ce polyoside.

Les conditions de cultures des bactéries et la préparation du polyoside sont les mêmes que dans la Note précitée. Le polyoside obtenu contient malgré une dialyse de 64 h un pourcentage élevé de cendres (29 %). Il est hydrolysé à 100° dans SO_4H_2 2N. On prélève des échantillons à divers intervalles de temps et dose les sucres réducteurs par la méthode de Somogyi-Nelson. Le pouvoir réducteur exprimé en glucose est maximum après 12 h d'hydrolyse et atteint 64 % du poids du polyoside mis en œuvre (déduction faite des cendres), après quoi on observe une destruction linéaire des sucres libérés. Mais cette destruction commence avant la fin de l'hydrolyse et c'est la cause du faible pourcentage obtenu.

(*) Séance du 25 juillet 1955.

(1) Collection du Service des Fermentations de l'Institut Pasteur.

(2) R. G. Eagon et R. Dedonder, *Comptes rendus*, 241, 1955, p. 527.

Les mêmes échantillons sont examinés, après neutralisation avec une résine échangeur d'anions, type amine phénol, par chromatographie sur papier en utilisant le papier Whatman n° 3 et le mélange butanol-acide acétique-eau (4 : 1 : 1). On observe pour les premiers prélèvements outre les taches des sucres simples (le glucose et la glucosamine apparaissant d'abord, le fucose ensuite), deux taches correspondant à des holosides que nous désignerons, le plus mobile par (I), le moins mobile par (II). Ces deux holosides sont réducteurs et réagissent sur le papier avec le réactif au chlorure de triphényltétrazolium. Entre 6 et 12 h la tache demeurant sur la ligne de départ et correspondant au polyoside non hydrolysé disparaît, cependant que la tache de glucosamine décroît déjà nettement par suite de la destruction de ce sucre. Les deux holosides disparaissent presque complètement entre 12 et 24 h. Nous avons choisi d'analyser les produits de l'hydrolyse de 6 h parce que, après ce temps d'hydrolyse le polyoside est presque complètement démoli, tandis que la destruction des sucres libérés est peu avancée.

On sépare ces produits de l'hydrolyse de 6 h par chromatographie sur une colonne de charbon-célite ([3]), en éluant successivement par l'eau et des alcools à 5, 9, 13 et 33°. Les produits s'éluent dans l'ordre suivant : glucosamine, glucose, fucose, holoside II, holoside I. Le dosage des sucres simples ainsi obtenus montre qu'ils sont alors libérés dans la proportion : glucose 71, glucosamine 24, fucose 5.

L'identité du sucre aminé avec la glucosamine est confirmé par sa décomposition en arabinose sous l'action de la ninhydrine ([4]).

Le fucose est dosé par ailleurs par la méthode de Dische-Shettles, sur le polyoside total ([5]). On obtient ainsi un taux en fucose de 7,5 %.

Les deux holosides sont cristallisés dans le méthanol, puis soumis à une nouvelle hydrolyse, 6 h, dans SO_4H_2 2 N, à 100°. Par combinaison de la chromatographie sur papier, du dosage des réducteurs totaux, et des dosages spécifiques [méthode de Dische-Shettles pour le fucose et méthode de Elson-Morgan, modifié par Winzler ([6]), pour les hexosamines], on détermine leur composition : l'holoside I est un diholoside réducteur contenant 1 glucose et 1 fucose; l'holoside II est un tétraholoside contenant 2 fucoses, 1 glucose, 1 glucosamine.

Malgré sa composition, ce polyoside ne présente pas de relations immunologiques avec les polyosides des groupes sanguins ([7]).

([3]) R. L. WHISTLER et D. F. DURSO, *J. Amer. Chem. Soc.*, **72**, 1950, p. 677.

([4]) S. GARDELL, F. HEIJKENSKJOLD et A. ROCHNORLAND, *Acta Chem. Scand.*, **4**, 1950, p. 238.

([5]) Z. DISCHE et L. SHETTLES, *J. Biol. Chem.*, **175**, 1948, p. 595.

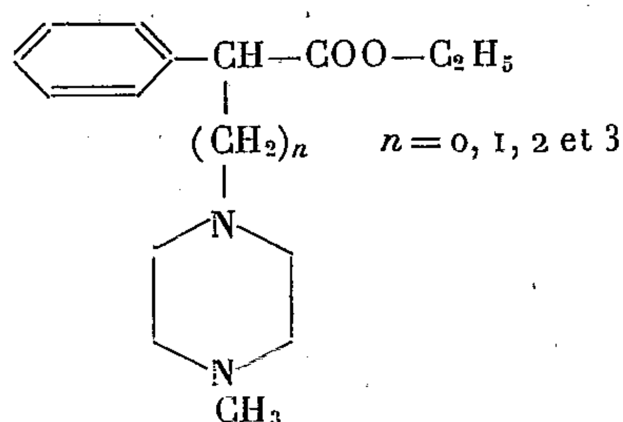
([6]) R. J. WINZLER, dans *Methods of Biochemical Analysis* (D. GLICK), **2**, 1955, p. 292.

([7]) W. M. WATKINS et A. BUSSARD, Communication personnelle.

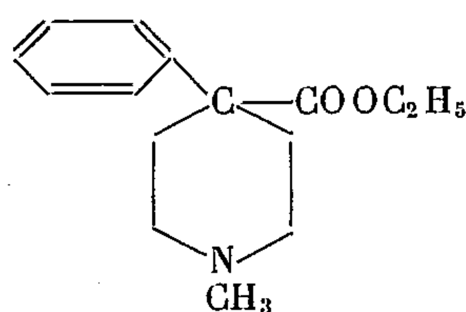
PHARMACOLOGIE. — *Synthèse et propriétés pharmacologiques de quelques ω-phényl-ω-carbéthoxy-alcoyl-1-méthyl-4-pipérazines.* Note (*) de Mlle **Germaine Benoit**, MM. **Joseph Jacob**, **Bal Krishna Avasthi** et Mlle **Monique Dechavassine**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

Quelques ω-phényl-ω-carbéthoxy-alcoyl-1-méthyl-4-pipérazines ont été synthétisées. Elles possèdent des propriétés spasmolytiques et analgésiques modérées.

Des propriétés pharmacologiques diverses ont été décrites pour plusieurs composés caractérisés par la présence d'un noyau pipérazine; on relève en effet, dans les séries étudiées, des agents antiparasitaires ([1]), hypnotiques ou anticonvulsivants ([2]), spasmolytiques ou antihistaminiques ([3]), adrénolytiques ([4]) et curariformes ([5]); plusieurs de ces corps sont actuellement utilisés en thérapeutique humaine. Il nous a semblé intéressant de préparer des dérivés de la pipérazine répondant à la formule générale (I), ci-dessous, qui présente une certaine analogie avec la péthidine (II), dérivé de la pipéridine, connue pour ses propriétés spasmolytiques modérées et surtout pour son pouvoir analgésique.



(I) ω-Phényl-ω-carbéthoxyalcoyl-1-méthyl-4-pipérazine.



(II) Péthidine.

Les termes pour lesquels $n = 0$, $n = 2$ et $n = 3$ sont obtenus par l'intermédiaire des nitriles. En chauffant pendant 6 h deux molécules de N-méthyl-

(*) Séance du 1er août 1955.

([1]) S. Kushner et coll., *J. Org. Chem.*, 13, 1948, p. 144; H. W. Stewart et coll., *J. Org. Chem.*, 18, 1953, p. 1478; R. Baltzly, *J. Am. Chem. Soc.*, 76, 1954, p. 1164; M. Harfenist, *J. Am. Chem. Soc.*, 76, 1954, p. 4991.

([2]) L. Godman et J. Williams, *J. Org. Chem.*, 18, 1953, p. 815; *J. Am. Chem. Soc.*, 76, 1954, p. 6078; B. Baltzly et coll., *J. Am. Chem. Soc.*, 76, 1954, p. 1165.

([3]) R. Baltzly et coll., *J. Org. Chem.*, 14, 1949, p. 775; K. M. Beck et coll., *J. Am. Chem. Soc.*, 74, 1952, p. 605; W. Ide et coll., *J. Am. Chem. Soc.*, 76, 1954, p. 1122.

([4]) L. W. Roth, *J. Pharmacol.*, 110, 1954, p. 157.

([5]) R. Hazard, J. Cheymol et coll., *Arch. Int. Pharmacodyn.*, 84, 1950, p. 236.

pipérazine avec le phényl-bromo-acétonitrile (6) dans le benzène, on obtient le dérivé pour lequel $n = 0$. Les termes $n = 2$ et $n = 3$ sont préparés par condensation du 2-chloroéthanol et du 3-chloropropanol avec le phényl-acétonitrile en présence d'amidure de sodium (7); les alcools ainsi obtenus traités par le chlorure de thionyle en présence de pyridine fournissent les dérivés chlorés correspondants qui réagissent dans les mêmes conditions que le premier terme avec la N-méthyl-pipérazine. Ces nitriles sont tous saponifiés par la potasse et l'alcool méthylique par chauffage en tube scellé pendant 15 h à 190°; les acides obtenus sont estérifiés à la manière classique. Le composé où $n = 1$, s'obtient par réaction de la N-méthyl-pipérazine sur le β-chloro-hydratropate d'éthyle.

Les constantes des produits décrits sont consignées dans le tableau.

$n =$	Nitrile.	Ester.
0.....	Monochlorh. F = 190° (isopropanol) Cl % calc. 14,11 tr. 13,88	Dichlorh. F = 156° (alcool + éther) Cl % calc. 21,19 tr. 20,88 N % calc. 8,36 tr. 8,02
1.....		Dichlorhy. F = 160° (alcool) Cl % calc. 19,56 tr. 19,78 N % calc. 8,02 tr. 7,58
2.....	Dichlorhy. F = 158-160° (alcool + éther) Cl % calc. 22,46 tr. 22,30	Dichlorhy. F = 167-168° (alcool) Cl % calc. 19,56 tr. 19,74 N % calc. 7,57 tr. 7,23
3.....	Dichlorhy. F = 180° (alcool) Cl % calc. 21,51 tr. 21,24	Dichlorhy. F = 153° (alcool) Cl % calc. 18,83 tr. 18,82 N % calc. 7,42 tr. 7,31

Les essais pharmacologiques ont montré que ces corps ont des activités spasmolytiques modérées sur l'intestin isolé de cobaye; l'antagonisme vis à vis de l'acétylcholine est, dans cette série, le plus développé pour le terme où $n = 1$ et le moins pour le terme où $n = 0$; l'antagonisme vis à vis de l'histamine est par contre, le plus net pour le terme où $n = 3$.

Ces dérivés diminuent aussi la réflectivité thermoalgésique de la souris, mesurée avec une variante de la méthode de Woolfe et Mac Donald (8). Leurs activités sont voisines : la dose efficace 50 % (pour un effet liminaire) est, dans chaque cas comprise entre 50 et 100 mg/kg s. c.; cependant pour une dose élevée (250 mg/kg s. c.) l'effet croît lorsque n augmente. Dans les mêmes conditions expérimentales, la péthidine, est de quatre à huit fois plus active (D. E. 50 % = 12,5 mg/kg s. c.); elle permet aussi d'obtenir, à doses plus

(6) R. Baltzly et Castilla, U. S. P. 2.630.435.

(7) Knowles et Cloke, *J. Am. Chem. Soc.*, 54, 1932, p. 2034.

(8) J. Jacob et J. Szerb, *Arch. Int. Pharmacodyn.*, 90, 1952, p. 301; J. Jacob et G. Grassi-Gialdroni, *Experientia*, 9, 1953, p. 264.

élevés, des « analgésies » plus intenses et plus durables que celles réalisées par les doses tolérées de nos dérivés.

Toutefois, la toxicité de ces composés (chez la Souris) est faible, particulièrement pour les deux homologues inférieurs; en outre ils se comportent, à fortes doses, chez le Chien et chez la Souris, non pas comme des dépresseurs, mais comme des stimulants centraux. Ces dernières caractéristiques incitent à de nouvelles synthèses et expériences.

La séance est levée à 15 h 30.

R. C.

ERRATA.

—

(*Comptes rendus du* 13 juin 1955.)

Note présentée le 6 juin 1955, de MM. *Serge Nikitine* et *Guy Perny*, Étude de la dispersion anomale de l'iodure de plomb :

Page 2298, dernière ligne, *au lieu de*

$$\bar{\delta} = 2e\bar{n}_i = \frac{\lambda_i - \lambda_{i+1}}{\lambda_{i+1} - \lambda_i},$$

lire

$$\bar{\delta}_i = 2e\bar{n}_i = \frac{\lambda_i . \lambda_{i+1}}{\lambda_{i+1} - \lambda_i}.$$



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU MERCREDI 17 AOUT 1955.

PRÉSIDENCE DE M. GASTON JULIA.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **MINISTRE DE L'ÉDUCATION NATIONALE** adresse ampliation des décrets, en date du 29 juillet 1955, portant approbation des élections que l'Académie a faites de MM. **ARTHUR HOLMES** et **DAVID KEILIN**, pour occuper deux des places d'Associés étrangers nouvellement créées.

M. le **SECRÉTAIRE PERPÉTUEL** dépose sur le Bureau de l'Académie le fascicule consacré à la *Manifestation Paul Fourmarier, ancien Président et Secrétaire général honoraire de la Société géologique de Belgique, organisée à l'occasion de son LXXVe anniversaire* par cette Société.

CORRESPONDANCE.

M. le **SECRÉTAIRE PERPÉTUEL** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° P. LEMAY. *Berthollet, le pharmacien Curaudau et l'identification du chlore*, in *Revue d'Histoire de la Pharmacie*. — *George Sand au Jardin du Roi*, in *Le Progrès médical*.

2° *Atti ufficiali dei Congressi internazionali del Volo verticale. Fiera di Milano, Aprile* 1950.

3° Ministère de la France d'Outre-Mer. *Notice sur l'amélioration de la navigabilité de la Haute-Bénoué*.

ESPACE DE HILBERT. — *Sur certaines courbes à courbure constante dans l'espace de Hilbert.* Note (*) de MM. **Alberto-P. Calderón** et **Allen Devinatz**, présentée par M. Jean Leray.

Nous avons donc montré [1] que si le problème des moments pour les μ_n est sur certaines courbes à courbure constante dans l'espace de Hilbert déterminé, $f(t)$ est de la forme $f(t) = U_t f(o)$.

Si le problème des moments n'est pas déterminé, l'opération H a plusieurs prolongements autoadjoints réels [2]. On peut même obtenir des prolongements $\overline{H}$ de H réels autoadjoints et tels que $T\overline{H} + \overline{H}T = o$, et pour lesquels on ait par conséquent $TJ(i\overline{H}) = i\overline{H}\,TJ$. Pour cela il suffit d'étendre la transformée cayleyenne [3] V_H de H au moyen d'une des deux formules $V_H x = Tx$, ou $V_H x = -Tx$ [4]. Car si y est orthogonal à la variété linéaire des $Hx + ix$, et si l'on pose

$$x = \frac{1}{i}(y - V_H y) = \frac{1}{i}(y - Ty)$$

et l'on définit

$$\overline{H}x = (y + V_H y) = (y + Ty),$$

on a $-Tx = (1/i)(y - Ty)$ et $T\overline{H}x = (y + Ty)$, c'est-à-dire $\overline{H}(-Tx) = T\overline{H}x$.

De façon semblable si y est orthogonal à la variété linéaire des $Hx + ix$, $z = TJy$ l'est aussi et l'on a

$$Jx = \frac{1}{i}(-Jy + TJy) = \frac{1}{i}(z - Tz),$$
$$JHx = (\quad Jy + TJy) = \quad (z + Tz),$$

ce qui montre que $HJx = JHx$. On obtient les mêmes résultats en employant la formule $V_H = -Tx$. A chaque prolongement de ce type il correspond comme plus haut un groupe U_t de transformations orthogonales de $\mathcal{H}$ et une courbe $g(t) = U_t f(o)$. Comme $g^{(n)}(t) = U_t f^{(n)}(o)$ et les vecteurs $f^{(n)}(o)$ et la variété linéaire $\mathcal{H} \cap \mathcal{L}$ déterminent $\mathcal{H}$ on voit aisément que le groupe U_t est complètement déterminé par la courbe $g(t)$, $t \geq o$ ou $g(t)$, $t \leq o$, et la condition $U_t x = x$ pour $x \in \mathcal{L}$. Alors si l'on prend deux prolongements différents de H et leurs courbes correspondantes $g_1(t)$ et $g_2(t)$ et l'on

(*) Séance du 27 juin 1955.

(1) *Voir* la précédente Note (*Comptes rendus*, 241, 1955, p. 539) dont les notations seront conservées.

(2) A. Devinatz, *Trans. A. M. S.*, 74, 1953, p. 64, théorème 1.

(3) Riesz et Nagy, *loc. cit.*, p. 323.

(4) Remarquons ici que si y est orthogonal à la variété des $Hx + ix$, Ty est orthogonal à la variété des $Hx + ix$.

pose $h(t) = g_1(t)$ si $t \leqq 0$ et $h(t) = g_2(t)$ si $t \geqq 0$, on obtient une courbe $h(t)$ telle que $\| h^{(n)}(t) \|$ est constant pour $n = 0, 1, 2, \ldots$ mais qui n'est pas de la forme $h(t) = U_t h(0)$.

Pour terminer revenons aux courbes à courbures constante non nulles. Si $f(t)$ est une représentation paramétrique d'une courbe, t étant la longueur d'arc, la constance des courbures implique que les $f^{(n)}(t)$, $n = 1, 2, \ldots$, sont à normes constantes et réciproquement ([5]). Considérons les vecteurs $f^{(n)}(0)$, $n = 1, 2, \ldots$ et appliquons à ce système le procédé d'orthogonalisation de E. Schmidt et nous obtiendrons un système orthonormal $\{e_n\}$. C'est le repère intrinsèque de la courbe au point $t = 0$. Les composantes de l'opération iH introduite plus haut par rapport à ce système forment ce que nous appelons la matrice de Frenet, qui est antisymétrique et dont les composantes a_{nm} sont toutes nulles sauf les $a_{n,n+1}$ et $a_{n+1,n}$. Les $a_{n,n+1}$ sont toutes positives et égales aux courbures γ_n. La donnée des courbures et du repère intrinsèque $\{e_n\}$ est équivalente à la donnée des $f^{(n)}(0)$, $n = 1, 2, \ldots$, et nous savons maintenant que la fonction $f'(t)$ n'est alors déterminée que si la fermeture de l'opération H est autoadjointe. Cette condition peut s'exprimer aussi au moyen de la divergence d'une série formée avec les γ_n ([6]).

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Étude de l'écoulement turbulent dans un divergent.* Note (*) de MM. **Antoine Craya** et **Jean-Pierre Milliat**, présentée par M. Joseph Pérès.

Les distributions spectrales de l'énergie des fluctuations longitudinales des vitesses ont été mesurées en plusieurs points d'une section et en diverses sections d'un divergent bi-dimensionnel d'angle total égal à 2°; une représentation à l'aide de variables sans dimensions convenables rend ces distributions assez voisines dans la gamme de fréquence explorée.

Nous avons donné dans une précédente Note ([1]), des résultats de mesure concernant les distributions des moyennes quadratiques des fluctuations longitudinales de vitesse, dans différentes sections transversales d'un divergent bi-dimensionnel d'angle total égal à 2°. Nous donnons ici quelques résultats expérimentaux sur les distributions spectrales de ces fluctuations.

Si k_1 est le nombre d'onde ($k_1 = 2\pi n/U$; n, fréquence; U, vitesse moyenne en un point de mesure) nous appelons $F(k_1)$ la fonction spectrale d'énergie des

---

([5]) Kowalewski, *Comptes rendus*, **151**, 1910, p. 1338.

([6]) M. H. Stone, *Linear transformations in Hilbert Space*, New-York, 1932, p. 545, théorème **10.27**.

(*) Séance du 18 juillet 1955.

([1]) J.-P. Milliat, *Comptes rendus*, **241**, 1955, p. 542.

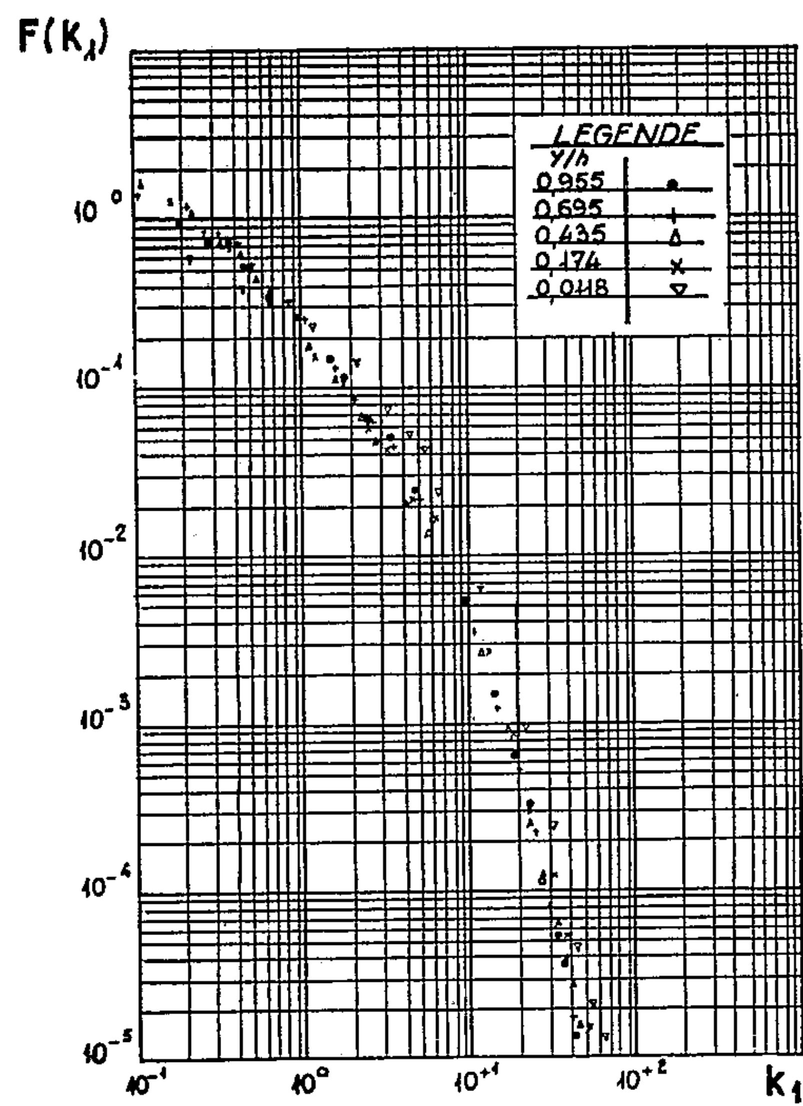


Fig. 1.

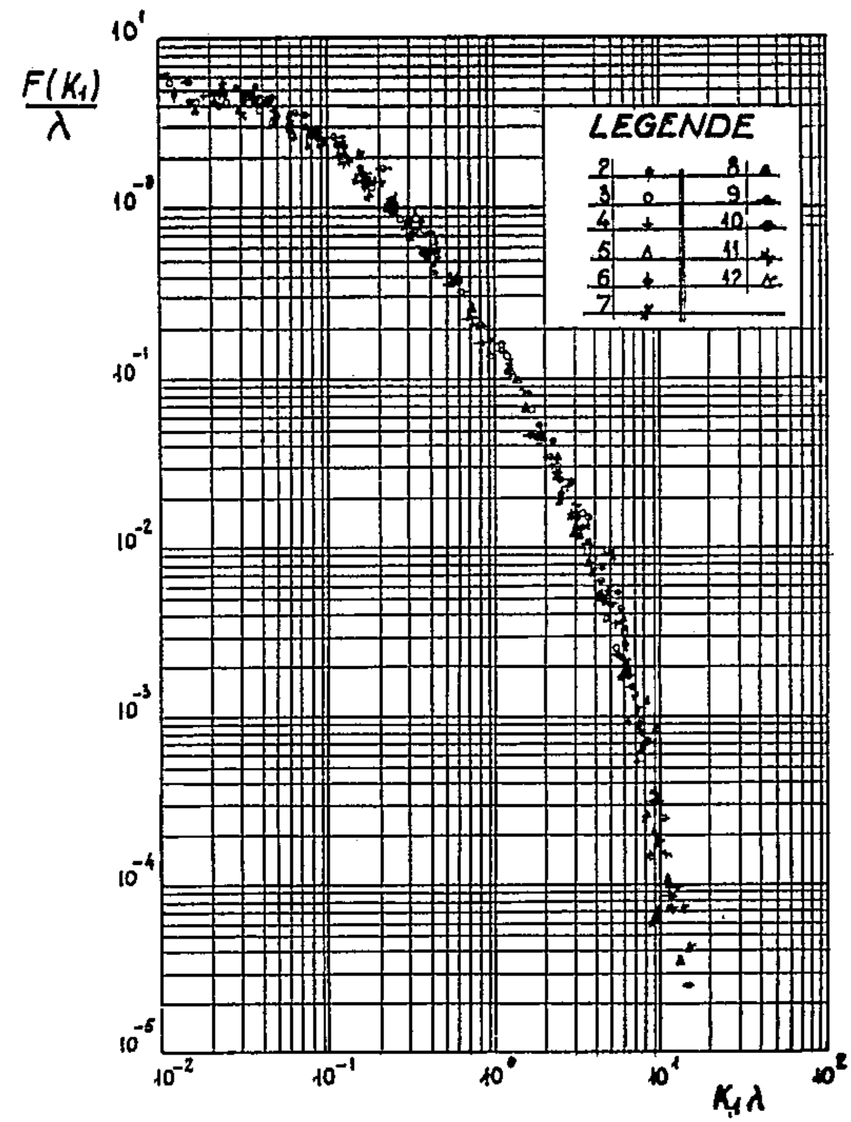


Fig. 4.

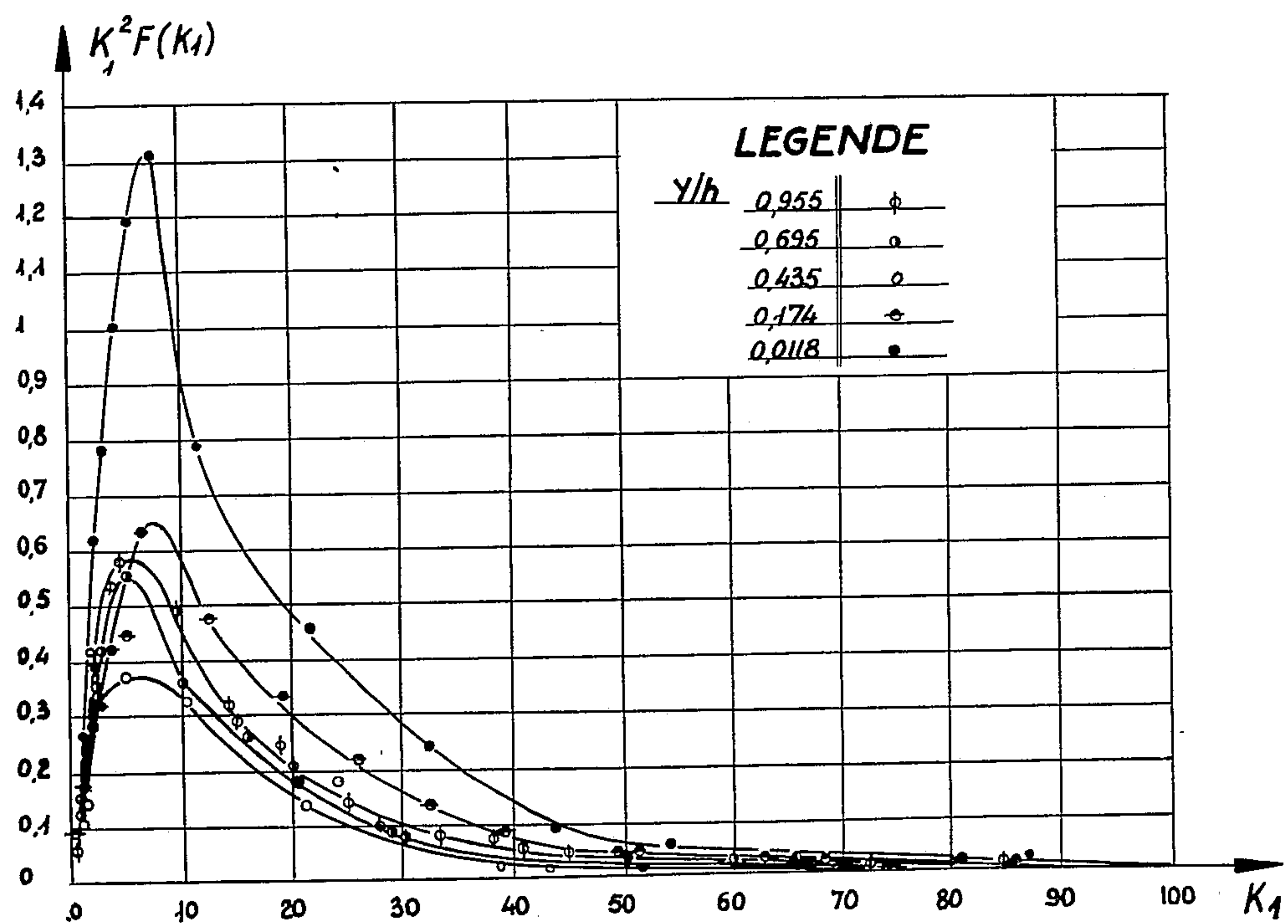


Fig. 2.

fluctuations longitudinales u, normalisée par la condition $\int_0^\infty F(k_1)\,dk_1 = 1$; l'échelle de turbulence λ, définie par $\overline{(\partial u/\partial x)}^2 = \overline{u}^2/\lambda^2$ se déduit alors de $F(k_1)$ par $1/\lambda^2 = \int_0^\infty k_1^2 F(k_1)\,dk_1$. Nous avons déterminé en cinq points de chaque section de mesure la fonction $F(k_1)$ pour des valeurs de k_1 correspondant à des fréquences comprises entre 20 et 10 000 cps; nous donnons sur la figure 1 les distributions spectrales pour une des sections étudiées (section 11), ainsi que les courbes $k_1^2 F(k_1)$ fonction de k_1 pour cette même section (*fig.* 2). Nous avons rassemblé sur la figure 3, les distributions des échelles de turbulence λ/h

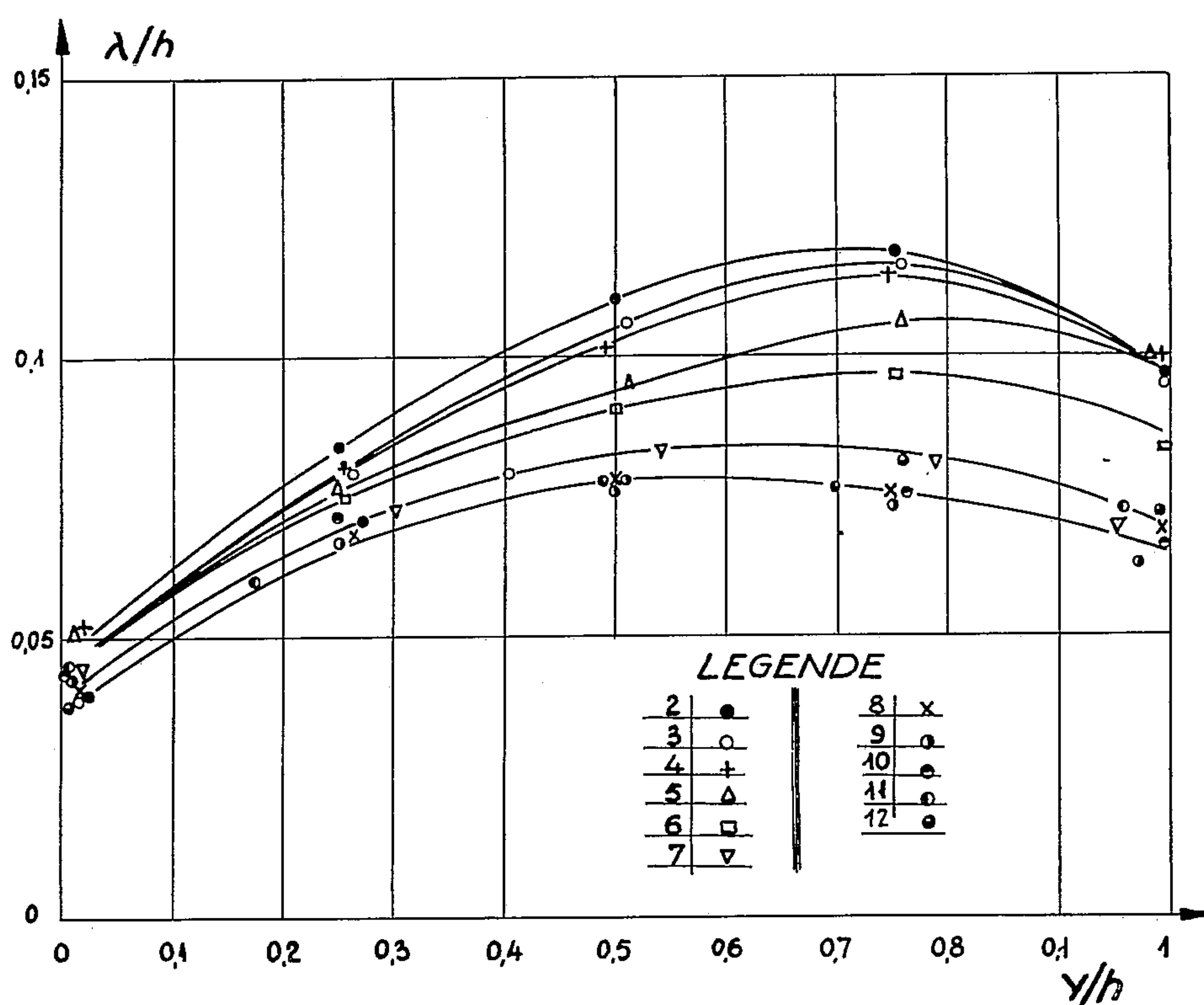


Fig. 3.

(rapportées à la demi-largeur de la section considérée) pour les différentes sections ([2]). On remarque que dans la zone d'équilibre, caractérisée antérieurement ([1]) par une affinité des distributions des vitesses moyennes et des fluctuations longitudinales, les échelles de turbulence sont également affines.

Pour comparer entre eux les spectres d'énergie obtenus en différents points de mesure, on peut utiliser une représentation en coordonnées non dimension-

---

([2]) Les valeurs de λ ont été corrigées de l'influence de longueur du fil (correction de 3 à 10 % suivant les sections); les résultats concernant les spectres n'ont pas été corrigés.

nelles; un terme de comparaison naturel pour F et k_1 est l'échelle de longueur λ (tirée du spectre lui-même); on est ainsi conduit à représenter F/λ en fonction de $k_1\lambda$ et cette relation est en principe sous la dépendance notamment de $u'\lambda/\nu$ et d'autres paramètres caractérisant dans notre cas la non-homogénéité et l'anisotropie. Nous avons à titre d'exemple tracé dans ces coordonnés réduites les courbes spectrales correspondant au point central des sections 2 à 11 (*fig.* 4); on constate que, dans la gamme de fréquence explorée et pour nos conditions d'essai, un regroupement approché des diverses courbes spectrales autour d'une courbe unique est ainsi obtenu; un tel regroupement subsiste même pour les différents points d'une section; il convient d'ailleurs de préciser que $u'\lambda/\nu$ varie peu et que l'influence des parois doit se faire particulièrement sentir aux basses fréquences.

ASTROPHYSIQUE. — *Détermination de la vitesse de rotation du Soleil au moment du maximum de* 1948. Note de Mlle **Kovina Milošević**, présentée par M. André Danjon.

Les mesures de positions des petites facules chromosphériques pendant le maximum de 1948-1949 comparées aux résultats de 1953-1954, indiquent que la vitesse angulaire de rotation du Soleil demeure constante au cours du cycle.

Dans une Note [1] antérieure, j'ai déterminé la vitesse angulaire de rotation du Soleil en mesurant les positions journalières de petites facules de la chromosphère. J'ai utilisé les spectrohéliogrammes K_3 de la couche supérieure du calcium ionisé, obtenus à l'observatoire de Meudon pendant les années 1953 et 1954. Les résultats obtenus pour cette période de minimum de l'activité du Soleil sont bien représentés par une formule parabolique

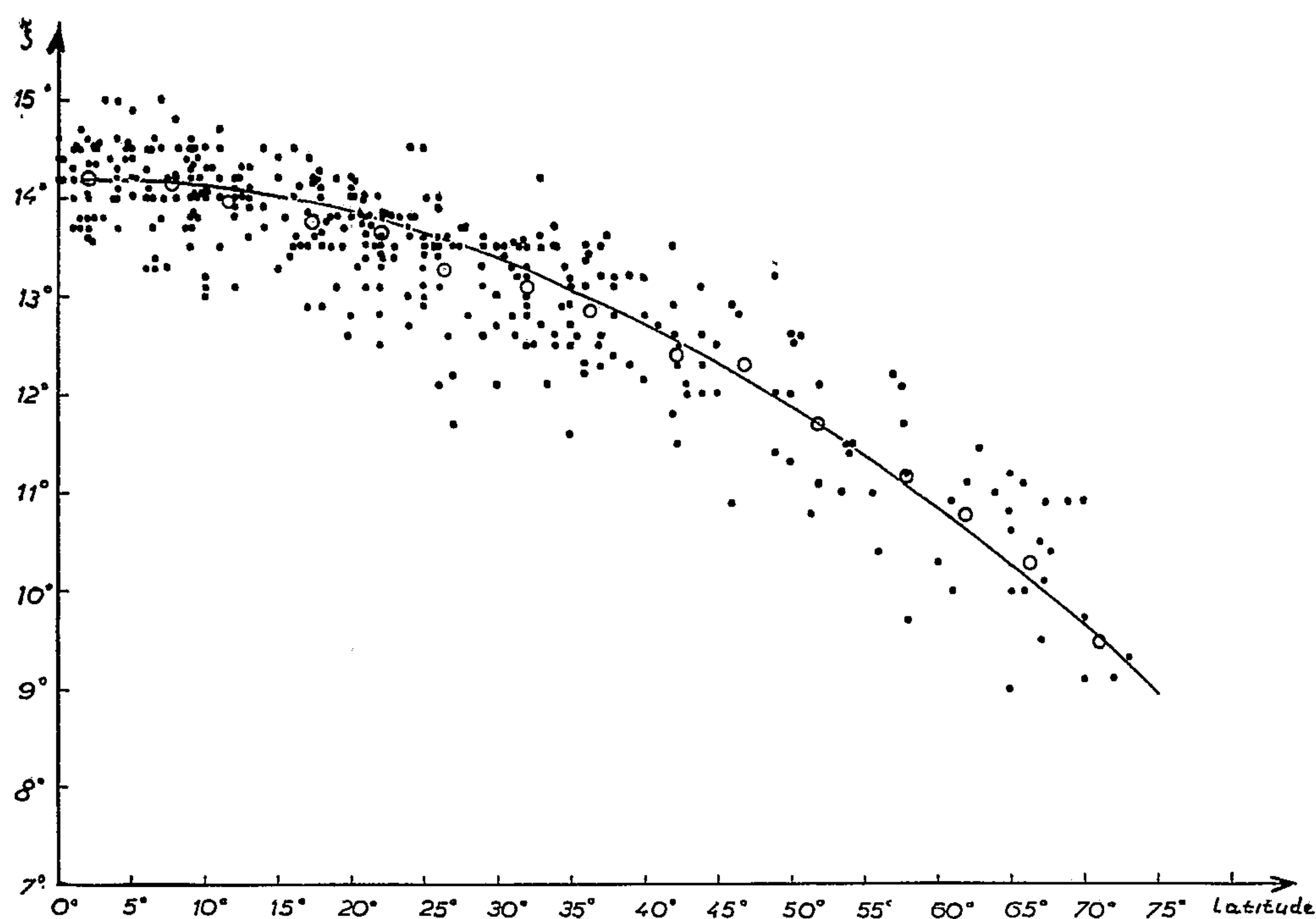
$$\xi = 14^\circ,10 - 3^\circ,23\,\varphi^2.$$

Il m'a paru intéressant de reprendre ces mêmes mesures pour une période de forte activité du Soleil. En effet, un récent travail de U. Becker [2], confirmant une étude de E. Schodo [3], semble indiquer que la vitesse angulaire de rotation du Soleil varie au cours du cycle, la vitesse de rotation fournie par les positions des taches étant plus grande au maximum qu'au minimum.

J'ai utilisé de la même manière les spectrohéliogrammes K_3 obtenus à Meudon en 1948 et 1949, c'est-à-dire pendant le dernier maximum de l'activité du Soleil. J'ai pu identifier, cette fois aussi, presque à toutes les latitudes du disque, les petites facules chromosphériques visibles deux, rarement trois jours

(1) *Comptes rendus*, 240, 1955, p. 731.
(2) *Z. Astrophys.*, 34, 1954, p. 229.
(3) *Astr. Zirk.*, Ud. S. S. R., 14, 1951, p. 98-99.

successifs. J'ai mesuré les positions de 371 facules, ainsi identifiées et j'en ai déduit leur mouvement quotidien. Pendant cette période de maximum, les petites facules semblent plus rares aux latitudes élevées, ce qui explique qu'au delà de 50° les valeurs sont moins nombreuses qu'en 1953-1954, et d'autre part les restes des anciennes facules disséminées sur tout le disque rendaient les identifications plus difficiles. Ainsi s'explique la dispersion plus grande des valeurs obtenues.



Les résultats de ces mesures sont représentés par le graphique où les points noirs correspondent aux valeurs individuelles et les ronds blancs sont les moyennes des valeurs groupées par 5° de latitude, données dans le tableau suivant :

φ.........	2°2	7°6	11°7	17°4	21°9	26°4	32°2	36°5
ξ.........	14,2	14,2	14,0	13,7	13,6	13,3	13,1	12,8
φ.........	42,2	46,9	51,8	57,9	61,8	66,3	71,0	–
ξ.........	12,4	12,3	11,7	11,2	10,8	10,3	9,6	–

La loi de la rotation du Soleil pour la période 1948-1949 peut être bien représentée par la formule parabolique

$$\xi = 14°18 - 3°05\, \varphi^2.$$

En comparant cette formule avec la formule correspondant à la période de

minimum de l'activité du Soleil, on obtient

$$a_{max} - a_{min} = + 0^\circ,08, \qquad b_{max} - b_{min} = - 0^\circ,18.$$

où a et b sont les coefficients de la forme générale $\xi = a - b\varphi^2$.

Ces différences sont de l'ordre de grandeur des erreurs de mesure et il semble difficile de les interpréter comme l'indication d'une variation de la vitesse de rotation dépendant de l'activité solaire. Ce résultat est en accord avec celui de H. W. Newton et M. L. Nunn ([4]), mais il semble infirmer la conclusion de U. Becker et E. Schodo.

PHYSIQUE SOLAIRE. — *Sur l'identification des taches solaires à l'aide des facules chromosphériques*. Note de Mme **Marguerite d'Azambuja**, présentée par M. André Danjon.

Les facules chromosphériques permettent l'identification certaine des groupes de taches solaires en formation.

Dans les travaux statistiques sur les taches solaires, une cause d'incertitude réside dans la double difficulté, d'une part, d'observer les petites taches près des bords du disque, et, d'autre part, de séparer un groupe nouveau d'un plus ancien.

Un groupe de taches, à son début, peut passer inaperçu sur des photographies de la surface, par l'effet de la perspective, ou par suite de l'agitation des images. Par contre, il est décelé sur les spectrohéliogrammes du calcium ionisé (raies H ou K), par une petite facule compacte, très brillante, visible quelques heures, et même parfois un jour ou deux, avant les taches. Les facules chromosphériques, qui reproduisent fidèlement celles de la surface, ont un éclat beaucoup plus considérable; elles sont très apparentes en tout point du disque, quelles que soient leurs dimensions. Leur intensité, qui diminue après les premiers jours, donne une indication précieuse sur l'âge des formations. Les taches et les facules étant toujours associées, nous désignons l'ensemble taches-facules sous le nom de « centre d'activité ». Leur évolution a déjà été décrite ([1]); après l'apparition de la facule intense, puis des taches, le centre augmente d'étendue; les taches prennent la disposition bipolaire bien connue, la durée de leur croissance ne dépassant pas 1/4 de leur durée totale; la phase stationnaire est plus courte, la tache de queue et les taches intermédiaires disparaissent les premières, la tache de tête persiste souvent plus de deux fois plus que les

([4]) H. W. Newton et M. L. Nunn, *M. N.*, 111, 1951, p. 413-421.

([1]) C. P. Butler, *M. N.*, 82, 1922, p. 334; L. et M. d'Azambuja, *Ann. Obs. Paris* (Section Meudon), 6, fasc. 7, 1948, p. 65.

autres. L'aire des facules, qui est toujours beaucoup plus grande que celle des taches, augmente constamment, leur éclat maximum semblant atteint avant la fin de la croissance des taches; leur dispersion lente commence lorsque les taches ont disparu; on en trouve souvent des traces pendant un laps de temps quatre fois plus grand que la durée des taches correspondantes.

L'examen simultané des taches et des facules chromosphériques pendant les trois derniers cycles solaires m'a conduite aux conclusions suivantes, qui ne souffrent pratiquement pas d'exceptions :

1° *Tous* les groupes de taches, dans leurs phases de croissance et de maximum, sont du type dit « bipolaire ».

2° L'aire couverte par les taches d'un groupe présente un seul maximum. Les courbes d'évolution sont sensiblement homothétiques, les différences d'un groupe à l'autre provenant de la valeur de ce maximum.

3° Sauf s'il s'agit de groupes de courte durée, d'une aire de quelques millioniëmes de l'hémisphère visible, dont, par suite, la tache de queue peut échapper à l'observation, une tache unique est toujours une tache relativement ancienne. Les cas d'observation de taches isolées se ramènent à deux : *a*. La tache passe au bord Est avec des dimensions appréciables et peut durer parfois jusqu'au bord Ouest : c'est le retour de la tache de tête d'un groupe de la rotation précédente, ou bien, comme l'indique l'intensité et la dispersion des facules, le dernier stade d'un groupe formé dans l'hémisphère invisible. *b*. Une tache, dont l'aire ne dépasse guère 10 à 20 millionièmes apparaît quelques jours après le passage au bord Est; elle dure rarement plus de quatre jours, souvent moins; elle peut être intermittente ou se fragmenter en très petits éléments avant de disparaître; les facules qui l'accompagnent sont toujours faibles et dispersées. S'il y avait, à la même place, un groupe à la rotation précédente, elle se place aux coordonnées qu'aurait eues la tache de tête (ou les taches importantes d'un groupe complexe) si celle-ci avait persisté dans l'intervalle; s'il n'y avait pas de taches à la rotation précédente, l'aspect des facules indique, comme plus haut, qu'il s'agit de la fin d'un groupe formé dans l'hémisphère invisible. C'est une faible reprise de la tache de tête, qui, plus probablement, n'avait pas cessé d'exister, mais avait échappé à l'observation. De toute manière, elle ne doit pas être considérée comme une formation indépendante, mais comme le dernier stade d'un centre plus important.

4° Un groupe ancien semble parfois reprendre brusquement de l'activité et son aire peut dépasser notablement le maximum atteint précédemment : l'aspect des facules chromosphériques indique alors, sans aucune ambiguïté qu'il s'agit d'un nouveau centre formé au voisinage et parfois au sein même de l'ancien; un changement brusque de quelques degrés se produit assez souvent sur la longitude, le plus souvent vers l'Ouest comme si, ainsi que je le notais en 1951, d'après l'étude de certains cas individuels, ces centres étaient les

« émergences d'un même phénomène plus profond, tournant avec une vitesse un peu différente de celle de la surface et dont la durée de vie serait de l'ordre d'une demi-année ([2]) ». Un travail statistique récent de U. Becker ([3]) confirme l'existence de tels foyers sous-jacents. Les grands groupes complexes pourraient n'être que la réunion sur quelques jours, ou même quelques heures de plusieurs formations provenant du même foyer et qui seraient ainsi rassemblées en position. Quelle que soit la validité de cette interprétation, on peut être certain que lorsqu'un groupe de taches reparaît au bord Est plus important qu'il n'avait disparu 14 jours plus tôt au bord Ouest, un nouveau centre s'est formé dans son voisinage, pendant le passage dans l'hémisphère invisible.

Il paraît désirable, pour éviter des confusions, de ne pas donner le même nom « revival » aux formations successives de groupes bipolaires ayant peut-être une cause unique mais des évolutions distinctes, et aux réapparitions d'une tache de tête finissante, décrites dans 3°. Un autre terme, celui de *résurgence*, par exemple, pourrait leur être réservé.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Une nouvelle transformation vectorielle d'intégrale curviligne en intégrale de surface et son application à la magnétostatique.* Note de M. **Émile Durand**, présentée par M. Louis de Broglie.

La formule fondamentale en ce domaine est la relation

$$\int_C \Phi\, d\vec{l} = \iint_S \left[\vec{n} \times \overrightarrow{\mathrm{grad}}\,\Phi\right] dS, \tag{1}$$

où $\vec{n}$ est le vecteur unitaire de la normale à la surface S qui s'appuie sur la courbe C. $\vec{dl}$ est l'élément de la courbe C orientée. Si on veut l'écrire sous forme tensorielle, il faut remplacer le vecteur $\vec{dl}$ par le tenseur adjoint antisymétrique $dl^{[uv]}$ tel que $dl^{v} \to dl^{[uv]}$. On a alors

$$\int_C \Phi\, dl^{[uv]} = \iint_S [n^u \partial^v - n^v \partial^u]\,\Phi\, dS, \tag{2}$$

où Φ est un invariant. En fait Φ peut être une fonction quelconque et, en particulier on peut remplacer Φ par la composante d'un tenseur antisymétrique $A^{[ij]}$ ou d'un vecteur A^i. L'expression (2) devient alors

$$\int_C A^{[ij]}\, dl^{[uv]} = \iint_S [n^u \partial^v - n^v \partial^u] A^{[ij]}\, dS, \tag{3}$$

$$\int_C A^i\, dl^{[uv]} = \iint_S [n^u \partial^v - n^v \partial^u] A^i\, dS. \tag{4}$$

([2]) *L'Astronomie*, 65, 1951, p. 253.
([3]) *Z. f. Astrophys.*, 37, 1955, p. 47.

En prenant la contraction de (3) sur les indices i, j et u, v on obtient en repassant à la forme vectorielle habituelle, la relation classique

$$\int_C \left(\vec{A}.\vec{dl}\right) = \iint_S \left(\vec{n}.\overrightarrow{\text{rot}}\,\vec{A}\right) dS. \tag{5}$$

Enfin, en prenant la contraction de (4) sur les indices i et v, on obtient la nouvelle relation cherchée qui s'écrit encore, sous forme vectorielle

$$\int_C \left[\vec{dl}\times\vec{A}\right] = \iint_S \left\{\left(\vec{n}.\overrightarrow{\text{grad}}\right)\vec{A} + \left[\vec{n}\times\overrightarrow{\text{rot}}\,\vec{A}\right] - \vec{n}.\text{div}\,\vec{A}\right\} dS. \tag{6}$$

L'invariant Φ ou le vecteur $\vec{A}$ qui figurent respectivement dans (1) et dans (5), (6) sont des fonctions de x_1, x_2, x_3, données pour tout l'espace; pour calculer les intégrales précédentes, par exemple les intégrales de surface, il faut remplacer x_3 par l'équation de la surface $x_3 = f(x_1, x_2)$, dont le vecteur $\vec{n}$ a pour composantes

$$\frac{-f'_1}{\sqrt{1+f'^2_1+f'^2_2}},\ \frac{-f'_2}{\sqrt{1+f'^2_1+f'^2_2}},\ \frac{1}{\sqrt{1+f'^2_1+f'^2_2}} \quad \text{et} \quad dS = \sqrt{1+f'^2_1+f'^2_2}\, dx_1\, dx_2. \tag{7}$$

Il y a deux manières de conduire les calculs : on peut prendre les dérivées partielles de $\vec{A}(x_1, x_2, x_3)$ puis remplacer x_3 par $f(x_1, x_2)$ dans le résultat obtenu ; ou bien on peut remplacer x_3 par $f(x_1, x_2)$ dans $\vec{A}$, soit $\vec{A}(x_1, x_2\, f(x_1, x_2))$ et prendre les dérivées partielles de cette fonction de deux variables. Nous allons montrer que les formules (1) (5) (6) sont valables dans les deux cas. Il suffit de montrer cela sur (1). Si on désigne par Φ la fonction de trois variables et par Φ' la même fonction de deux variables, on a les relations

$$\partial_3\Phi' = 0; \qquad \partial_1\Phi' = \partial_1\Phi + f'_1\,\partial_3\Phi; \qquad \partial_2\Phi' = \partial_2\Phi + f'_2\,\partial_3\Phi. \tag{8}$$

En tenant compte de (8), (9), il vient

$$[\,n_1\partial_2 - n_2\partial_1\,]\,\Phi' = [\,n_1\partial_2 - n_2\partial_2\,|\,\Phi$$

avec des relations analogues pour les indices (2,3) (3,1), et ceci démontre notre proposition.

Voici deux exemples d'application de (6). La force qu'une induction $\vec{B}$ extérieure exerce sur un courant linéaire d'intensité I, a pour expression

$$\vec{F} = I\int_C \left[\vec{dl}\times\vec{B}\right] \tag{9}$$

et d'après (6)

$$\vec{F} = \mu_0 I \iint_S \left(\vec{n}.\overrightarrow{\text{grad}}\right)\vec{E}^*\, dS$$

car

$$\text{rot}\,\vec{B} = 0, \qquad \text{div}\,\vec{B} = 0, \qquad \vec{B} = \vec{\mu}_0\, E^*.$$

La deuxième expression (9) est la force que le champ magnétique $\vec{E}^*$ exerce sur le feuillet S de moment $\vec{\tau}^* = \mu_0 I \vec{n}$ par unité de surface.

L'induction magnétique produite par un courant linéaire a pour expression

$$\vec{B} = \frac{\mu_0 I}{4\pi} \int_C \left[\vec{dl} \times \overrightarrow{\text{grad}'} \left(\frac{1}{r} \right) \right], \tag{10}$$

le gradient primé étant pris par rapport aux coordonnées ξ, η, ζ. Appliquons (6) à (9) avec

$$\vec{A} = \frac{\mu_0 I}{4\pi} \overrightarrow{\text{grad}'} \left(\frac{1}{r} \right), \qquad \text{rot}' \vec{A} = 0, \qquad \text{div}' \vec{A} = \frac{\mu_0 I}{4\pi} \Delta \left(\frac{1}{r} \right) \tag{11}$$

On obtient

$$\vec{B} = \mu_0 \vec{E}^* + \vec{P}^* \tag{12}$$

en posant

$$\vec{E}^* = -\overrightarrow{\text{grad}}\, V^*, \qquad V^* = -\frac{I}{4\pi} \int_S \left[\vec{n} . \overrightarrow{\text{grad}} \left(\frac{1}{r} \right) \right] dS = \frac{I\Omega}{4\pi}, \tag{13}$$

$$\vec{P}^* = -\frac{\mu_0 I}{4\pi} \int_S \vec{n}\, \Delta \left(\frac{1}{r} \right) dS. \tag{14}$$

On reconnaît en (12) la relation classique entre le champ magnétique $\vec{E}^*$ du feuillet et l'induction magnétique $\vec{B}$ du courant.

LAMES MINCES. — *Changement de phase d'une onde lumineuse lors de la réflexion dans le quartz sur une lame mince d'argent d'une radiation visible ou ultraviolette.* Note (*) de M. **Roger Philip**, transmise par M. Jean Cabannes.

Nous nous sommes proposé d'étudier de façon systématique le changement de phase que subit une onde lumineuse lorsqu'elle se réfléchit sur une lame mince d'argent dans le support en quartz. Cette étude a été faite pour huit longueurs d'onde échelonnées de 3261 Å à 5780 Å et pour des épaisseurs d'argent allant de 0,65 mμ à 71,6 mμ ou de 0,65 mμ à 21,6 mμ suivant que l'étude a été faite dans l'ultraviolet ou dans le spectre visible.

Les lames d'argent ont été obtenues par évaporation thermique en même temps et sous le même vide que celles qui ont servi à déterminer le changement de phase à la réflexion dans l'air sur l'argent. Les conditions de projection et les épaisseurs d'argent obtenues sont donc les mêmes dans les deux cas. La lame de quartz utilisée comme support est une lame à faces planes et parallèles de 4 mm d'épaisseur. A chaque projection un disque, genre disque de Talbot, permettait d'obtenir six zones métallisées d'épaisseurs croissantes.

(*) Séance du 1er août 1955.

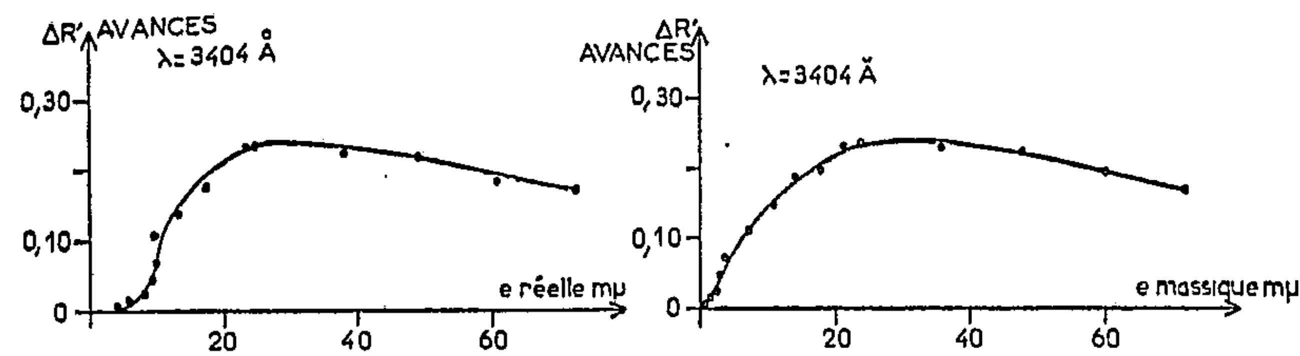


Fig. 1.

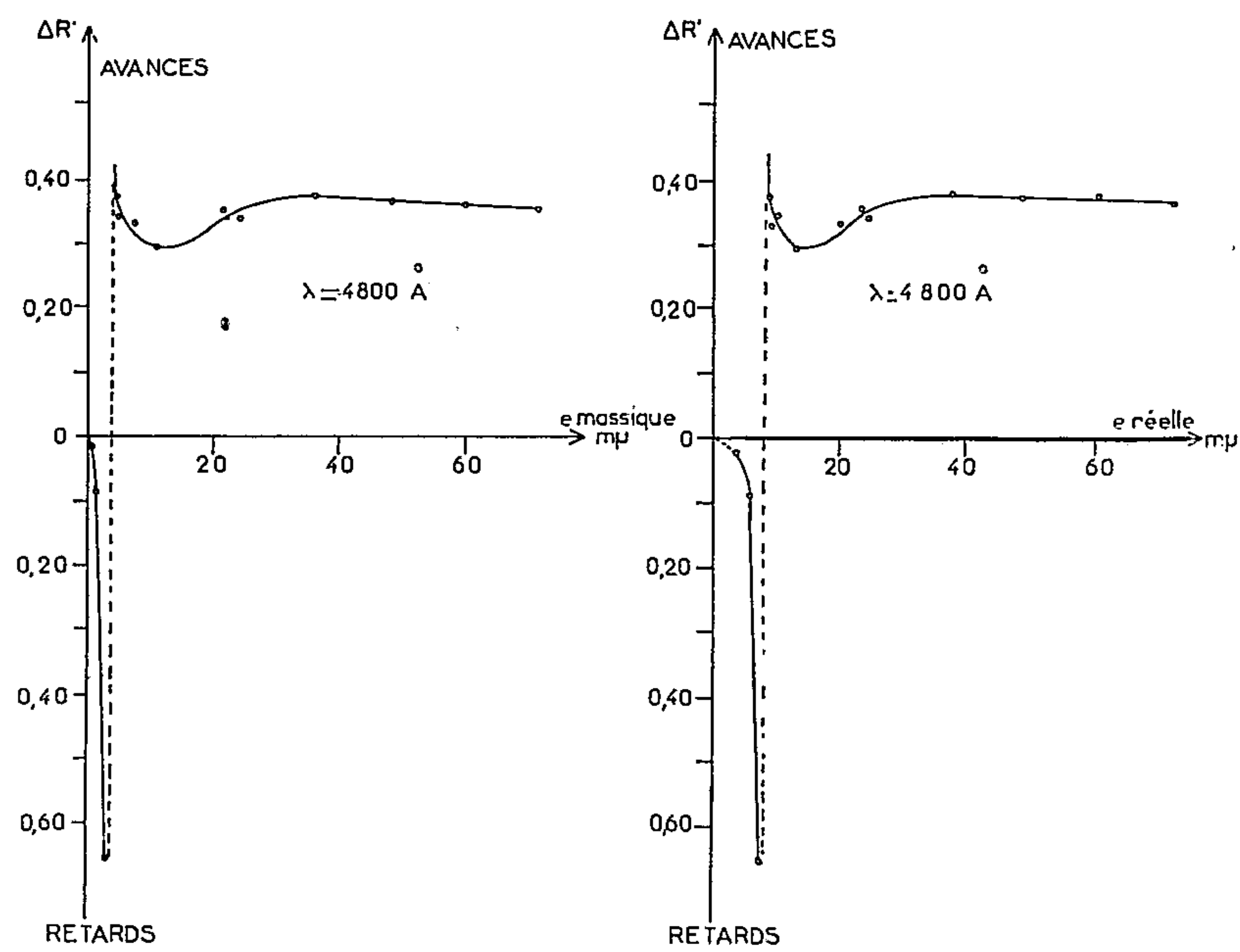


Fig. 2.

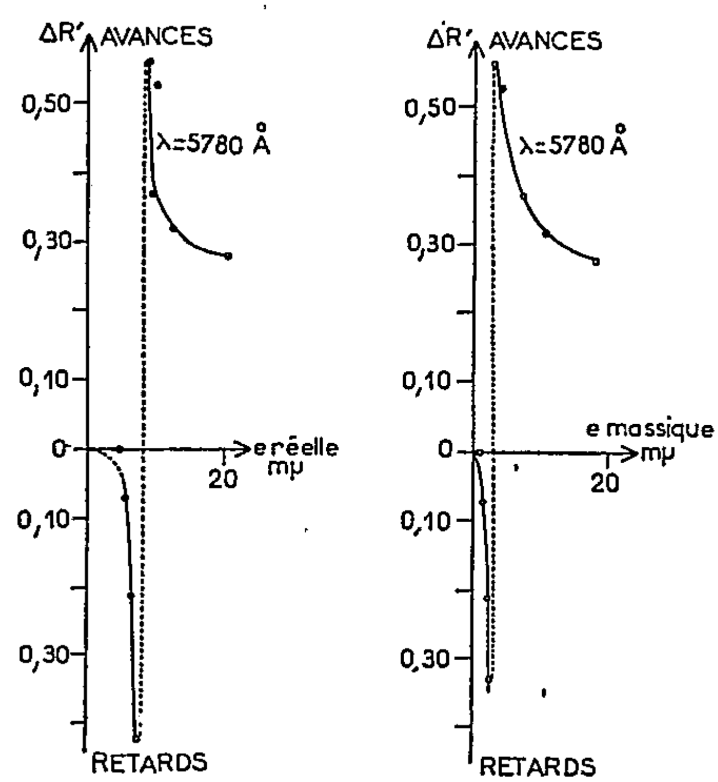


Fig. 3.

Fig. 1, 2 et 3. — Changement de phase à la réflexion dans le quartz sur l'argent en fonction de l'épaisseur massique et en fonction de l'épaisseur réelle de la couche mince pour $\lambda = 3\,404$ Å, $\lambda = 4\,800$ Å et $\lambda = 5\,780$ Å.

La méthode de mesures utilisée est celle qui a déjà été employée pour la mesure du changement de phase à la réflexion dans l'air sur l'argent.

Nous avons tracé les courbes donnant le changement de phase à la réflexion dans le quartz sur le métal en fonction de l'épaisseur de la lame d'argent. Ce changement de phase est exprimé en fractions de longueur d'onde. L'épaisseur a d'abord été déterminée par pesée, avant et après projection, d'une lamelle couvre-objet de microscope de surface connue; nous avons obtenu ainsi l'épaisseur « massique ». D'autre part, les mesures de changement de phase à la réflexion dans l'air sur le métal, et à la réflexion dans le quartz sur le métal, étaient suivies par les déterminations des facteurs de réflexion et du facteur de transmission effectuées par J. Trompette sur les mêmes lames (¹). En utilisant ces diverses mesures nous avons pu, par la méthode de D. Malé (²), en déduire *simultanément* les constantes optiques et l'épaisseur « réelle » des lames minces étudiées. Ceci nous a permis de tracer les courbes donnant le changement de phase à la réflexion dans le quartz sur le métal en fonction d'une part de l'épaisseur « massique », d'autre part de l'épaisseur « réelle ». L'allure générale de ces deux séries de courbes est sensiblement la même (*fig.* 1, 2, 3).

On peut constater que toutes les courbes tracées pour les longueurs d'ondes du spectre visible présentent le « saut de phase » de 2π qui a été signalé par P. Rouard (³), pour une épaisseur massique de 3 à 4 mμ ou pour une épaisseur réelle de 8 à 10 mμ. La courbe relative à la radiation de longueur d'onde 3 404 Å ne présente aucun saut de phase mais seulement un maximum qui se produit vers 30 mμ (épaisseur massique ou réelle).

ÉLECTRONIQUE. — *Système de balayage électromagnétique à commande électronique pour oscillographe cathodique à haute tension.* Note (*) de MM. **Jean Lagasse** et **Jean Clot**, transmise par M. Charles Camichel.

Les auteurs présentent un système de balayage électromagnétique à commande électronique destiné à un oscillographe cathodique à plusieurs faisceaux. Ils décrivent par ailleurs le système de blocage des faisceaux dont la présence évite un noircissement gênant du film dans la position de repos du spot.

Le principe de construction d'un oscillographe cathodique à plusieurs faisceaux réalisant la coïncidence des spots sur l'écran, en l'absence de déflection a été déjà décrit (¹).

(¹) J. Trompette, *J. Phys.* (sous-presse).

(²) D. Malé, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 1949; *Ann. Phys.*, 9, 1954, p. 10.

(³) *Ann. Phys.*, 7, 1937, p. 291.

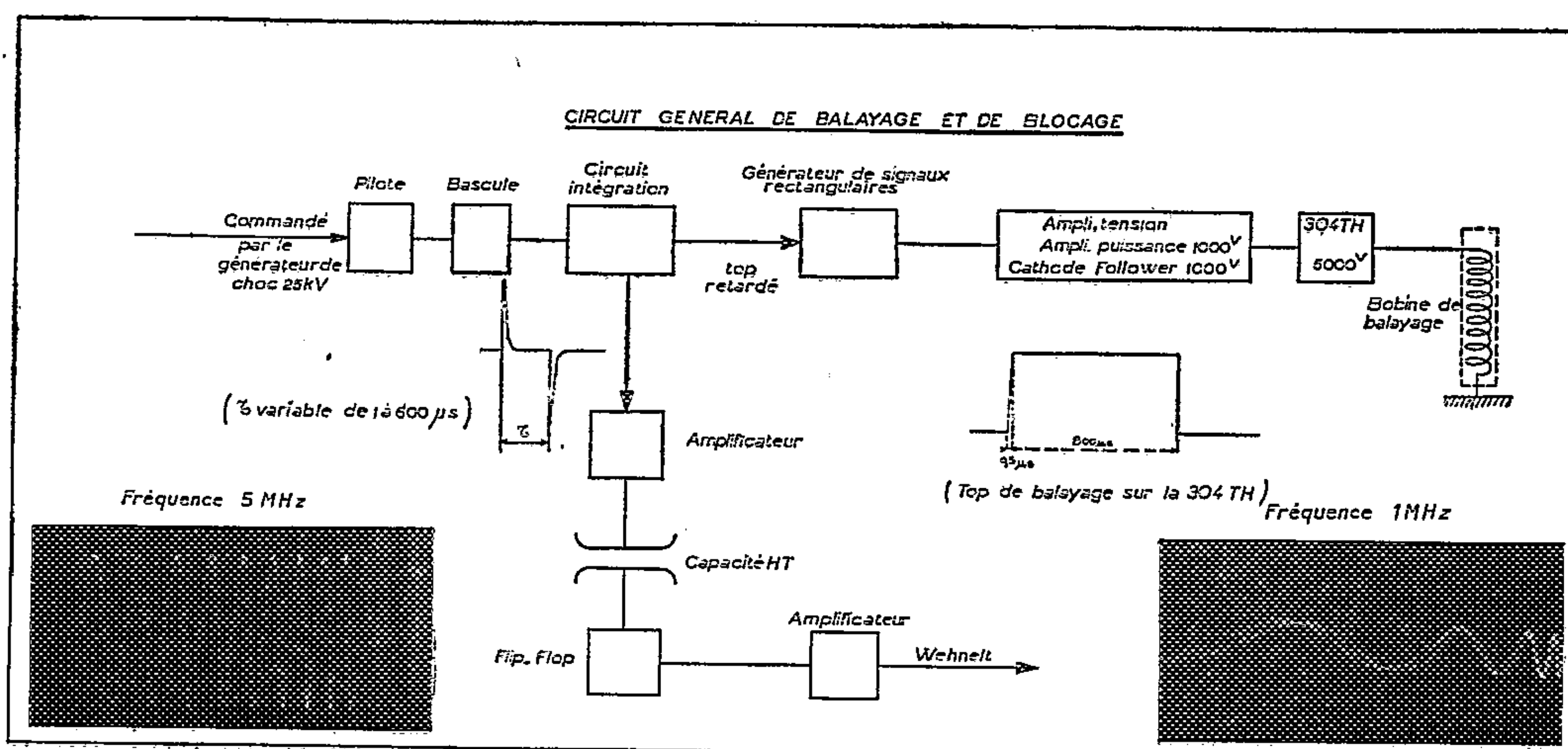
(*) Séance du 1er août 1955.

(¹) C. Fert, J. Lagasse et J. Olle, *Comptes Rendus*, 238, 1954, p. 59; J. Olle, *Revue Générale Électricité*, 64, p. 104.

Nous avions été conduits à adopter un système de balayage magnétique, le diamètre du faisceau électronique étant une fraction importante du champ déviateur.

Dans une première réalisation, nous avions pu enregistrer des phénomènes correspondant à une vitesse d'inscription de 6mm/μs mesurée sur un film, qui supportait facilement un agrandissement ultérieur de 10.

Le courant de balayage était fourni par la décharge d'une capacité dans la bobine de balayage à travers un thyratron. La modification de la vitesse de balayage était obtenue en changeant les caractéristiques de la bobine.



La déformation de la courbe du courant due au temps d'ionisation et l'impossibilité d'assurer le contrôle du passage du courant nous ont conduit à remplacer le thyratron par une triode à vide de puissance. Le contrôle du passage du courant s'effectue alors en appliquant sur la grille de la triode un top de forme et de durée appropriées.

De plus, la vitesse du balayage n'est plus fonction uniquement des caractéristiques de la bobine, mais peut être modifiée en agissant sur la forme du top de déclenchement.

De son côté, le système de blocage qui dans la réalisation primitive était obtenu par déviation des faisceaux s'effectue maintenant par action sur le wehnelt du canon à électrons qui reçoit à l'instant voulu une impulsion de forme et de durée convenables. La synchronisation des systèmes de blocage et de balayage est assurée par l'emploi d'un organe pilote comportant un thyratron recevant le signal primitif de déclenchement de l'oscillographe et agissant sur une bascule à retard.

L'intégration du signal carré de sortie de la bascule permet d'obtenir deux impulsions à écart réglables dont l'une commande le système de blocage, l'autre le système de balayage.

La figure ci-dessus donne le schéma général du montage utilisé.

Les modifications ainsi apportées à l'oscillographe ont permis l'enregistrement de phénomènes correspondant à une vitesse d'inscription de 70 mm/μs mesurée sur un film supportant un agrandissement ultérieur de 10.

Les enregistrements reproduits ci-dessus, agrandis environ deux fois correspondent à des fréquences de 1 MHz et de 5 MHz.

SPECTROSCOPIE HERTZIENNE. — *Calcul des probabilités de transition entre deux niveaux atomiques faisant intervenir plusieurs quanta.* Note (*) de M. **Jacques Winter**, transmise par M. Jean Cabannes.

Dans une Note précédente [1] on a montré que lorsqu'un système atomique est soumis à une perturbation faisant intervenir plusieurs quanta, il se produit une résonance chaque fois que $\omega_0 = n\omega$. Par la suite nous adopterons les notations de la référence [1]. Un tel système obéit à une équation d'évolution qui peut se ramener par un changement de variables à un système d'une infinité d'équations linéaires à coefficients constants. Dans le cas (a), ces équations sont

$$(1)\qquad \begin{cases} i\dot{K}_b^{(2m)} = (-2m\omega)K_b^{(2m)} + K_+^* K_a^{(2m+1)} + K_-^* K_a^{(2m-1)}, \\ i\dot{K}_a^{(2m+1)} = (\omega_0 - (2m+1)\omega)K_a^{(2m+1)} + K_+ K_b^{(2m)} + K_- K_b^{(2m+2)}. \end{cases}$$

Ce système peut être considéré comme l'équation d'évolution d'un système à une infinité de niveaux soumis à une perturbation ne couplant que les états dont les indices diffèrent d'une unité. Si nous supposons $K_+, K_- \ll \omega$, on peut montrer que la probabilité de transition au *voisinage d'une résonance* s'écrit

$$(2)\qquad P(0, n, t) = \frac{U^2}{(\tilde{E}_n - \tilde{E}_0)^2 + U^2} \sin^2 \frac{t}{2} \sqrt{(\tilde{E}_n - \tilde{E}_0)^2 + U^2},$$

$\tilde{E}_n$ et $\tilde{E}_0$ étant les énergies des états 0, n telles qu'elles résultent de l'équation séculaire de (1), abstraction faite des déplacements dus à l'interaction entre 0 et n. $\tilde{E}_n - \tilde{E}_0$ tend vers $\omega_0 - (2k+1)\omega$ lorsque K_+ et K_- tendent vers zéro.

U qui donne la largeur de raie est une fonction de K_+, K_-, ω, ω_0 que nous calculerons plus loin.

On peut distinguer deux cas :

1° Les états $K_b^{(2m')}$ et $K_a^{(2m+1)}$ sont couplés directement (donc $m = m'$ ou $m = m' - 1$) nous avons résonance pour $\omega_0 = \pm\omega$, ce sont les résonances principales.

(*) Séance du 18 juillet 1955.

(1) J. Winter, *Comptes rendus*, 241, 1955, p. 556.

Étudions par exemple la résonance entre K_b^0 et K_a^1. Dans l'approximation du deuxième ordre les énergies valent

$$\tilde{E}_0 = \frac{K_-^2}{\omega_0+\omega}, \qquad \tilde{E}_1 = \omega_0 - \omega - \frac{K_-^2}{\omega_0+\omega}.$$

Il y a résonance pour $\tilde{E}_0 = \tilde{E}_1$, donc pour

$$\omega_0 = \omega - \frac{2K_-^2}{\omega_0-\omega} \sim \omega - \frac{K_-^2}{\omega}.$$

U dans ce cas vaut K_+ et

$$(3) \qquad P = \frac{4K_+^2}{\left(\omega-\omega_0-\frac{K_-^2}{\omega_0}\right)^2+4K_+^2}\sin^2\frac{t}{2}\sqrt{\left(\omega-\omega_0-\frac{K_-^2}{\omega_0}\right)^2+4K_+^2}$$

(3) n'est autre que la formule obtenue par Bloch et Siegert [2], dans ce cas $K_+ = K_- = (1/4)\gamma H_1$;

2° Les états ne sont pas directement couplés. C'est le cas de la résonance entre K_b^0 et K_a^3. On peut calculer de la même façon les énergies $\tilde{E}_0$ et $\tilde{E}_3$. On trouve la résonance pour

$$\omega_0 = 3\omega - \frac{K_+^2}{\omega} - \frac{K_-^2}{2\omega}.$$

Pour calculer la largeur U il est possible de n'utiliser dans le système (1) qu'un nombre limité d'équations (4 ou 6) et résoudre complètement ce système.

On trouve alors

$$U = \frac{K_+^2 . K_-}{\omega^2}$$

Plus généralement si l'on a deux états $\tilde{E}_0$ et $\tilde{E}_{2k+1}$, au deuxième ordre, la résonance faisant intervenir $2k+1$ quanta a lieu pour

$$\omega_0 = (2k+1)\omega - \frac{K_+^2}{k\omega} - \frac{K_-^2}{(k+1)\omega} \qquad (k \neq 0, -1).$$

Sa largeur est de la forme

$$U = \alpha\frac{K_+^{|k+1|}K_-^{|k|}}{\omega^{|2k|}} \qquad (\alpha \text{ étant une constante}).$$

Nous dirons que cette résonance est d'ordre $|2k+1|$ car sa largeur varie comme $K^{|2k+1|}$ ($K_+ \simeq K_- \simeq K$).

L'étude du cas (*b*) conduit à une formule du type (²) pour les probabilités de transition sous réserve que $(A_0 - B_0) \ll \omega$. Le calcul du déplacement des

(²) F. BLOCH et A. SIEGERT, *Phys. Rev.*, 57, 1940, p. 522.

raies au 2e ordre est inchangé. Il y a résonance pour :

$$\omega_0 = k\omega - \frac{2K_+^2}{(n-1)\omega} - \frac{2K_-^2}{(n+1)\omega} \qquad (n \neq \pm 1),$$

quantité ne dépendant pas de $A_0 - B_0$.

La largeur de cette raie est de l'ordre de

$$U = \sum_{a+b+c=|n|}^{a,b,c>0} A_{abc} \frac{(A_0 - B_0)^a K_+^b K_-^c}{\omega^{|n|-1}},$$

A_{abc} étant une constante, l'ordre de la résonance est $|n|$.

On peut étudier le cas d'un système soumis à deux fréquences ω et ω' d'intensité K_+, K_-, K'_+, K'_-.

Dans les hypothèses (*a*) il y a résonance pour $\omega_0 = p\omega + q\omega'$, p et q étant impairs, résonance d'ordre $|p| + |q|$. Sa position est donnée par

$$\omega_0 = p\omega + q\omega' - \frac{2K_+^2}{(p-1)\omega + q\omega'} - \frac{2K_-^2}{(p+1)\omega + q\omega'} - \frac{2K'^2_+}{p\omega + (q-1)\omega'} - \frac{2K'^2_-}{p\omega + (q+1)\omega'}$$

sauf si $p = 0$, $q = \pm 1$ ou $p = \pm 1$, $q = 0$.

Dans ces cas il ne faut pas tenir compte du terme devenant infini. Dans l'hypothèse (*b*) il n'y a pas de restriction sur p et q.

Les autres conclusions demeurent valables.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Orientation de réactions par carbanion dans le groupe des méthylcycloalcoylcétones.* Note (*) de MM. **Max Mousseron**, **Robert Jacquier** et Mlle **Renée Fraisse**, transmise par M. Marcel Delépine.

L'orientation des réactions d'alcoylation et de carbéthoxylation, ainsi que le clivage par les esters nitreux, ont été étudiés dans le groupe des méthylcycloalcoylcétones, de la série cyclopropanique à la série cycloheptanique.

Les alcoylations ont été effectuées par action du chlorure de benzyle sur les cétones (I) préalablement traitées soit par l'amidure de sodium, soit par le *t*-butylate de potassium. L'orientation dépend uniquement de la nature du cycle et conduit aux cétones (II) ou (III). Les carbéthoxylations, réalisées par le carbonate d'éthyle en présence d'amidure de sodium, donnent par contre les esters (VI, $R = C_2H_5$).

Méthylcyclopropylcétone (I, n = 3). L'action du chlorure de benzyle fournit uniquement (II, $n = 3$) (Rdt 12 %) $É_{0,1}$ 110-112°, donnant deux dinitro-2.4 phénylhydrazones (DNP) F 158° (N % trouvé 15,85) et F 91° (N % trouvé 15,9). La même cétone est isolée par réduction sous 20 kg en présence de

(*) Séance du 25 juillet 1955.

Ni Raney du dérivé benzylidénique (IV, n = 3) [1]. Par carbéthoxylation de (I, n = 3), on obtient (VI, n = 3, R = C_2H_5) [2]; l'action du chlorure de benzyle sur son dérivé sodé, suivie d'une hydrolyse alcaline, conduit encore à (II, n = 3) (Rdt 60 %).

Méthylcyclobutylcétone (I, *n* = 4). — La benzylation donne (III, *n* = 4) (Rdt 15 %) $É_1$ 117°, DNP F 126° (N % trouvé 15,3), dont la synthèse a tout d'abord été tentée en alcoylant la phényl-4 butanone-2 (V) par le dibromo-1.3 propane en présence de *t*-C_4H_9OK [*cf* [3]]; mais on isole uniquement l'allyl-3 phényl-4 butanone-2 (Rdt 50 %) $É_{0,5}$ 105-108°, DNP F 78° (N % trouvé 15,25), hydrogénée en *n*-propyl-3 phényl-4 butanone-2 $É_{0,1}$ 95°, DNP F 122° (N % trouvé 15,1) qui a été également obtenue en traitant (V) par le bromure de *n*-propyle (Rdt 20 %). Par contre, l'action du dibromo-1.3 propane sur le cyanure de β-phényléthyle, sodé par l'amidure de sodium, conduit au benzyl-1 cyano-1 cyclobutane (Rdt 20 %) $É_{0,1}$ 118°, hydrolysé en acide benzyl-1 cyclobutanecarboxylique F 65°, ester *p*-bromophénacylique F 89°; l'action du bromure de méthylmagnésium sur le nitrile donne (III, *n* = 4) (Rdt 25 %).

L'hydrogénation de (IV, *n* = 4) [1] conduit à la cétone (II, *n* = 4) $É_{0,5}$ 107°, DNP F 167° (N % trouvé 15,4); par action de l'acétylacétate d'éthyle sodé sur (VII, *n* = 4), il y a formation de (VIII, *n* = 4) (Rdt 60 %) $É_{0,3}$ 100° dont le clivage par CH_3ONa [*cf* [4]] donne l'ester cétonique (VI, *n* = 4, R = CH_3) (Rdt 40 %) $É_{20}$ 110-115°, DNP F 108° (N % trouvé 16,8); l'action du chlorure de benzyle sur son dérivé sodé, suivie d'une hydrolyse, fournit (II, *n* = 4) (Rdt 30 %).

Méthylcyclopentylcétone (I, *n* = 5). — L'alcoylation donne (III, *n* = 5) (Rdt 40 %) $É_{0,2}$ 122-124°, DNP F 108° (N % trouvé 14,7) et F 123° (N % trouvé 14,8). La même cétone est isolée dans l'alcoylation de (V) par le dibromo-1.4 butane en présence de *t*-C_4H_9OK (Rdt 45 %). L'hydrogénation de (IV, *n* = 5) [1] donne (II, *n* = 5) $É_{0,2}$ 125°, DNP F 160° (N % trouvé 14,5).

La carbéthoxylation de (I, *n* = 5) conduit à (VI, *n* = 5, R = C_2H_5) (Rdt 15 %) $É_{15}$ 115°, DNP F 82° (N % trouvé 15,5). Par action de l'acétylacétate d'éthyle sodé sur (VII, *n* = 5), on isole (VIII, *n* = 5) (Rdt 40 %) $É_{0,3}$ 110-115° dont le clivage ammoniacal [*cf.* [5]] donne le même ester cétonique que ci-dessus; le clivage par CH_3ONa fournit par contre l'ester méthylique (VI, *n* = 5, R = CH_3) $É_{20}$ 130°, DNP F 105° (N % trouvé 16,1).

---

(1) MARIELLA et RAUBE, *J. Amer. Chem. Soc.*, **74**, 1952, p. 521.

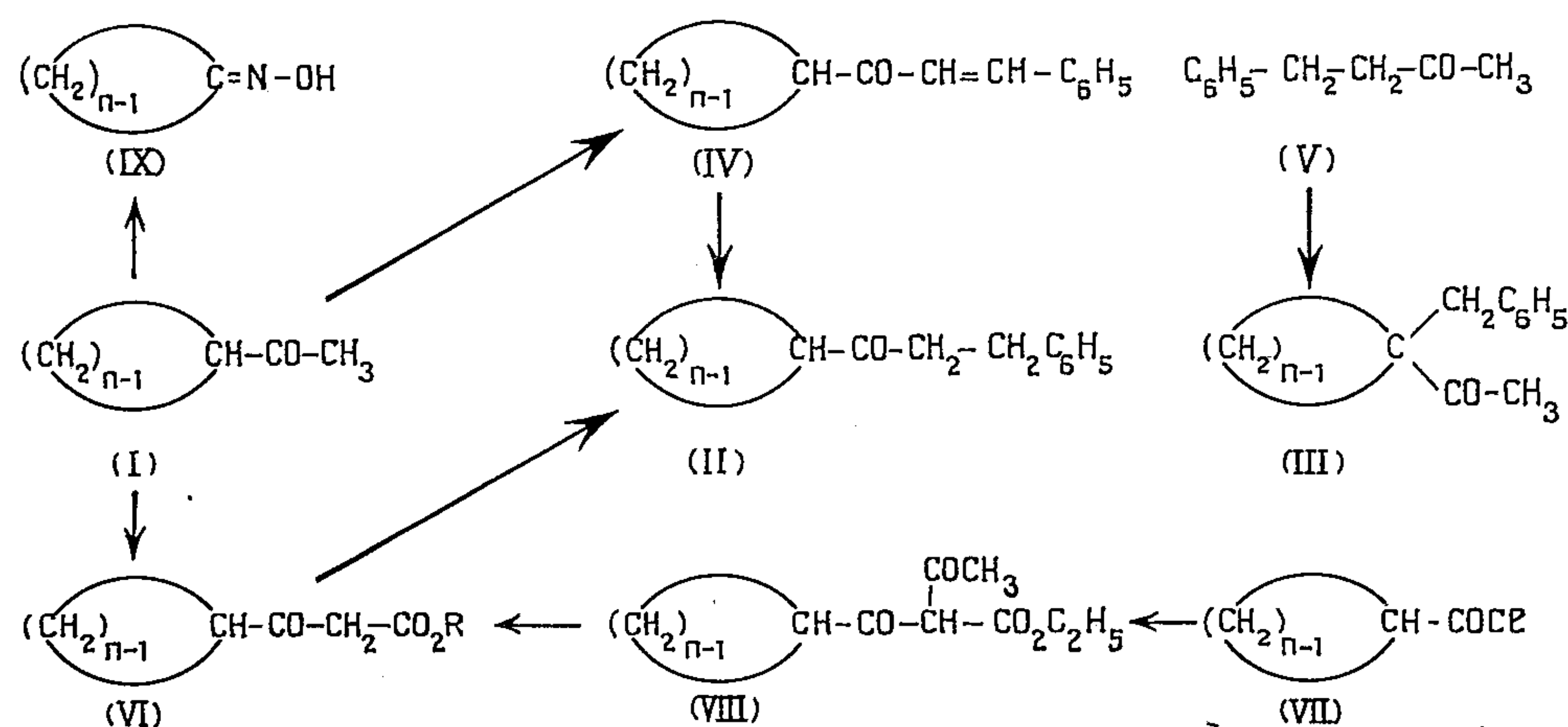
(2) CANNON et WHIDDEN, *J. Org. Chem.*, **17**, 1952, p. 685.

(3) MOUSSERON, JACQUIER et CHRISTOL, *Comptes rendus*, **239**, 1954, p. 1805.

(4) KIDD, ROBINS et WALKER, *J. Chem. Soc.*, 1953, p. 3244.

(5) ANDERSON, HALVERSTADT, MILLER et ROBLIN, *J. Amer. Chem. Soc.*, **67**, 1945, p. 2197.

Méthylcyclohexylcétone (I, $n=6$). — Traitée par $C_6H_5CH_2Cl$, elle donne (II, $n=6$) (Rdt 20 %) $E_{0,1}$ 132-134°, DNP F 153° (N % trouvé 14,2) et F 111° (N % trouvé 14,25), également obtenue dans la réduction de (IV, $n=6$) ([1]). L'alcoylation de (V) par le dibromo-1.5 pentane permet la synthèse de (III, $n=6$) (Rdt 20 %) $E_{0,1}$ 135°, F 68°, DNP F 119° (N % trouvé 14,2).



La carbéthoxylation fournit (VI, $n=6$, $R=C_2H_5$) (Rdt 25 %) $E_{0,1}$ 102°, DNP F 86° (N % trouvé 14,9). Le même produit est obtenu par clivage ammoniacal de (VIII, $n=6$) $E_{0,3}$ 120-125° provenant de (VII, $n=6$) ([5]); le clivage par CH_3ONa conduit par contre à (VI, $n=6$, $R=CH_3$) $E_{0,8}$ 110°, DNP F 105° (N % trouvé 15,5). La cétone (II, $n=6$) peut être préparée à partir des esters cétoniques (VI) par la méthode décrite ci-dessus.

Méthylcycloheptylcétone (I, $n=7$). — Son alcoylation fournit (III, $n=7$) (Rdt 25 %) $E_{0,5}$ 145°, DNP F 96° (N % trouvé 13,7), oxime F 125° (N % trouvé 5,85), qui n'a pu être obtenue dans l'alcoylation de (V) par le dibromo-1.6 hexane. L'hydrogénation de (IV, $n=7$) $E_{0,5}$ 165°, DNP F 196° (N % trouvé 13,8) permet d'isoler (II, $n=7$) $E_{0,5}$ 142°, DNP F 148° (N % trouvé 13,8), oxime F 100° (N % trouvé 5,8).

Clivage par les esters nitreux. — Le clivage des cétones par les esters nitreux en présence d'éthylate de sodium est également une réaction par carbanion ([6]), qui conduit aux oximes (IX) des cyclanones correspondantes, pour $n=4$ (Rdt 20 %) F 85° ([7]); pour $n=5$ (Rdt 35 %) F 56°; pour $n=6$ (Rdt 40 %) F 90°.

([6]) Touster, *in* Adams, *Organic Reactions*, 7, p. 327.

([7]) Iffland et collaborateurs, *J. Amer. Chem. Soc.*, 75. 1953, p. 4044.

GÉOLOGIE. — *A propos des Nappes Cévenoles (Massif Central français).* Note de M. **Pierre Lapadu-Hargues**, transmise par M. Charles Jacob.

Dans un Mémoire paru voici plus de 20 ans, A. Demay (1), procédant à l'étude de la région des Cévennes située entre le domaine lyonnais et la zone correspondant au parallèle de Tournon, y définissait une architecture essentiellement basée sur l'hypothèse de l'existence de nappes de charriage, pour y expliquer la structure du socle hercynien.

Au cours de ces dernières années, à la suite d'études menées en Lozère et dans le Sud de l'Ardèche, j'ai été amené à étudier la tectonique de la zone des Nappes cévenoles, plus précisément, il est vrai, dans sa partie méridionale entre la haute vallée du Doux, vers Saint-Jeure d'Andaure au Sud et Annonay au Nord.

Réexaminant le contact oriental indiqué par A. Demay dans la carte finale de son Mémoire, contact limitant à l'Est ce qu'il appelle le complexe de la Louvesc, avec en particulier, la base de la nappe dite des Trois Dents, j'ai été frappé par l'importance des accidents *cassants*, des fractures, qui affectent ces régions. Ce fait n'a d'ailleurs rien d'exceptionnel et quiconque a étudié ces régions orientales du socle ancien du Massif Central sait bien les importants contre-coups qu'a subis ce Massif, contre-coups dont l'orogénèse alpine a souligné les traces, reprenant d'anciennes directions, plus anciennes, hercyniennes ou mêmes antérieures (2).

Ces fractures, importantes et nombreuses, sont toutes sensiblement orientées du Nord-Nord-Est au Sud-Sud-Ouest.

Or, il est remarquable de noter qu'entre Saint-Marcel, à 10 km au Nord-Ouest d'Annonay, au Nord, et le Col du Buisson, à 12 km au Sud de La Louvesc, au Sud, le bord oriental de la nappe figurée par A. Demay sur sa carte jalonne une telle direction.

Il m'a semblé, personnellement que, dans cette région, on avait sans doute affaire à un accident, mais à une cassure verticale, bien plus qu'à une frange subhorizontale de nappe. L'accident délimite ainsi deux compartiments autochtones, le bord Est étant affaissé par rapport au bord Ouest.

Cette observation, précisons-le bien ici, n'affecte qu'une partie des « Nappes Cévenoles » définies par A. Demay, mais il me semble très possible, qu'au moins dans la zone considérée ici, l'hypothèse de nappes horizontales empilées

---

(1) *Mémoire Service Carte France*, Paris, 1931.

(2) P. Lapadu-Hargues, *Bull. Soc. Géol. France*, (5), 12, 1947, p. 55.

puisse être avantageusement remplacée par celle d'une tectonique en cassures verticales ou subverticales, peut-être même avec décrochements, mais en tout cas limitant *des compartiments restés autochtones, sans charriages.*

GÉOLOGIE. — *Sur l'origine de la magnésite (giobertite) de la haute vallée de l'Arga (Navarre espagnole) et de la « zone des grauwackes » d'Autriche.* Note de M. **Joaquin Gómez de Llarena**, présentée par M. Paul Fallot.

J'ai étudié en 1950 (1) les gisements de magnésite du Paléozoïque des Pyrénées occidentales et montré que leur mode de formation implique une origine simplement sédimentaire par précipitation chimique dans un milieu laguno-marin. Ainsi dus-je abandonner l'idée classique de sa formation métasomatique aux dépens des calcaires.

La carrière principale d'Asturreta (Eugui) est située à 24 km au Nord-Nord-Est de Pampelune, au versant gauche de la vallée de l'Arga. Exploitée activement depuis 5 ans elle m'a permis, durant cette période et sur un front de près de 200 m, d'utiles observations complémentaires. Partout on y retrouve les caractères que j'ai décrits antérieurement. En outre sont apparus, dans la magnésite même, des restes de *Goniatites* et de *Calamites* et des passées de schistes contenant la même faune du Namurien inférieur que celle que j'ai signalée au mur et au toit de la formation. De gros bancs de calcaire noir à Crinoïdes et Goniatites s'intercalent dans la série de la magnésite : l'observation attentive de leurs surfaces inférieures et supérieures les montre bien délimitées, sans aucune trace de transition métasomatique. Enfin j'ai étudié des intercalations de dolomie noire fortement charbonneuse (graphite) dont la surface supérieure est ridée par la solifluxion du matériel et avec des bulles de gaz éclatées et bien conservées.

Nonobstant ces observations stratigraphiques, il demeurait nécessaire d'expliquer la disposition singulière des couches de la magnésite, constituées de cristaux rhomboédriques lenticulaires, étroitement serrés les uns contre les autres et debout sur le plan de la sédimentation.

J'ai pu expérimentalement obtenir des dispositifs semblables en utilisant des solutions de thiosulfate de soude et d'autres sels et en les laissant cristalliser; de même j'ai pu réaliser des dispositifs analogues aux remplissages filoniens locaux qui s'observent dans la magnésite. Malgré la différence de composition chimique il paraît permis de conclure à un processus sédimentaire analogue pour le dépôt de la magnésite.

Par ailleurs, les expériences de G. Lucas (2) que j'ai répétées, donnent des termes de comparaison avec les belles structures oolithiques de Hall (Tyrol)

(1) J. G. de Llarena, *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 1521.

(2) *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 937 et 1023; 229, 1949, p. 1026.

figurées par H. Leitmeier et W. Siegl ([3]) et apportent de précieuses indications sur le milieu et le mode de formation de la magnésite et de la dolomite.

Ces observations et expérimentations m'ont amené à interpréter de la même façon les dépôts de la magnésite du Muschelkalk du Col de Velate ([4]) et celle de Veitsch en Autriche ([5]).

Leitmeier et Siegl dans divers travaux ont adopté mon interprétation pour cette dernière. Il est particulièrement important de relever ici la trouvaille faite par W. Siegl ([6]) de galets de magnésite dans le conglomérat basal du Werfénien, ce qui oblige à lui attribuer un âge anté-Triasique. D'ailleurs l'âge de la magnésite de Veitsch, établi à mes yeux par la faune viséenne qui l'accompagne, m'avait conduit dès 1953 à admettre que durant le Carbonifère des conditions de sédimentation identiques avaient dû donner lieu à la formation de la magnésite autrichienne comme je l'avais établi dès 1950 pour celle des Pyrénées.

En contre-partie de ces vues, il convient de rechercher si l'hypothèse métasomatique est conciliable avec les faits observés. Cette hypothèse rattache en général la formation de la magnésite autrichienne à « l'orométamorphose alpine ». Or la présence des galets roulés dans le Werfénien démontre que cette magnésite était déjà formée avant le Secondaire. J. P. Destombes ([7]) invoque, lui, pour la magnésite pyrénéenne des solutions minéralisatrices qui seraient venues par la fracturation du tréfonds ordovicien ou qui auraient, ailleurs, accompagné les venues ophitiques du Keuper et de l'Hettangien. En dépit de mes recherches, je n'ai pu trouver aucun indice du cheminement de ces solutions dans les alentours des gisements de la Navarre espagnole.

D'ailleurs, on voit mal comment cette minéralisation aurait transformé les seuls calcaires, ici carbonifères, là triasiques sans affecter les griottes dévoniennes qu'elle aurait nécessairement dû traverser pour venir du Laccolithe ophitique d'Almandoz jusqu'à Artesiaga.

Toutes les observations objectives que j'ai accumulées depuis cinq ans, et divers travaux d'auteurs allemands et autrichiens qui ont repris ces problèmes dans les Alpes orientales, confirment donc la vraisemblance de l'origine sédimentaire des magnésites étudiées ici.

Il n'est pas inutile de rappeler qu'en 1954, H. J. Schneider ([8]) a établi

([3]) *Berg und Hüttenmännische Monatshefte*, 1954, Heft 11/12, Wien, Springer Verlag, p. 201.

([4]) J. G. DE LLARENA, *Notas y Comunicaciones del Instituto geologico y minero de España* n° 26, Madrid 1952, p. 89.

([5]) J. G. LLARENA, *Montan-Zeitung* n° 4, 1953, Springer Verlag, Wien, p. 55.

([6]) *Anz. œster. Akad. d. Wissensch.* Bd. 90, 1953, p. 178.

([7]) *Comptes rendus*, 240, 1955, p. 1117.

([8]) *Bayer Akad. der Wissensch. München Math. nat. Kl.*, N. F., Heft 66, 1954.

l'origine sédimentaire de gîtes de fluorine et même de galène dans les couches supérieures de Wetterstein des Alpes calcaires septentrionales.

Bien que n'étant pas strictement comparables, les cas de ces minéraux associés au Trias alpin et de la magnésite étudiée ici donnent à penser que d'autres gisements jadis attribués à des solutions minéralisatrices pourraient avoir aussi une origine sédimentaire.

ENTOMOLOGIE. — *Paralysie des Pucerons par constriction thoracique.* Note de M. **Henri Janvier**, transmise par M. Pierre-P. Grassé.

Les *Cemonus* sont des Hyménoptères prédateurs spécialisés dans la chasse aux Pucerons. Mâles et femelles en capturent un petit nombre chaque jour sur les plantes et les dévorent sur place.

Au cours de la nidification les femelles en capturent un nombre beaucoup plus élevé pour constituer la ration alimentaire de leurs larves. Tous les Pucerons destinés aux larves sont paralysés.

Les tiges à moelle, ronce, sureau, framboisier, fournissent à plusieurs espèces de *Cemonus* des habitats convenables pour l'établissement des nids. En mettant à nu, par section, la région médullaire de ces tiges on peut fixer, en un lieu donné, plusieurs centaines de *Cemonus*. Les tiges situées en plein champ sont acceptées comme celles des haies. Par ce procédé j'ai pu amener dans un champ d'expérience qui en était dépourvu, 260 femelles de *Cemonus unicolor* F., quelques *Cemonus lethifer* Shuck et plusieurs *C. shuckardi* Mor.

Dans un rayon d'une vingtaine de mètres autour de ces tiges, des pruniers sauvages aux feuilles enroulées cachaient des *Anuraphis persicæ*, de jeunes cerisiers abritaient des colonies de *Myzus cerasi* et des pommes de terre portaient des *Myzus persicæ*. Sur ces plantes, les prédatrices recherchent et capturent leurs proies. J'ai pu les observer, les suivre jusqu'à leurs nids pendant le transport et assister à l'introduction des proies dans les galeries.

En mai et juin, la ration alimentaire d'une larve de *Cemonus unicolor* peut se composer de cinquante pucerons paralysés. L'observateur est surpris par la rapidité avec laquelle la prédatrice exécute ce travail. Ayant découvert une colonie de Pucerons, elle l'exploite jusqu'à épuisement ou jusqu'à ce que la cellule soit remplie de proies.

Entre le départ du nid d'une femelle et son retour avec une proie il s'écoule moins d'une minute. Cinq voyages successifs de la même femelle ont donné les temps suivants : 30 s, 35 s, 42 s, 36 s, 32 s. La mise en cellule lui a demandé les temps correspondants suivants : 8 s, 9 s, 9 s, 10 s, 12 s.

Les 50 proies d'une ration peuvent être réunies en moins d'une heure. Témoin de plusieurs dizaines de captures, transports au nid et introductions je n'ai pas vu les prédatrices se servir de leur aiguillon pour paralyser leurs

proies. D'autre part, si quelques secondes après la capture d'un puceron par la prédatrice je chasse celle-ci au filet pendant le transport au nid, je constate, à l'examen, que la proie est déjà paralysée. Or seules les mandibules ont pris contact avec elle pour l'enserrer dans la région du cou et du prothorax. La paralysie apparaît comme un effet de la constriction exercée par les mandibules à ce niveau.

Si, avec une pince à branches fines, j'exerce une pression bilatérale sur une série de pucerons pendant leur examen au binoculaire je vois l'abdomen devenir plus tendu, les pattes se mettre en extension, les cornicules se redresser, tandis qu'une gouttelette perle à leur extrémité. Une simple pression bilatérale de deux à trois secondes produit sur les pucerons traités des troubles moteurs graves. Non seulement la marche leur est devenue impossible mais tout leur corps s'affale sur la face ventrale.

Après un repos plus ou moins prolongé, certains pucerons peuvent se soutenir sur leurs pattes et même reprendre la marche. L'étreinte thoracique effectuée à la pince donne des résultats moins durables que ceux obtenus par les *Cemonus*.

L'étreinte des *Cemonus* s'exerce sur le pourtour thoracique entier : le labre étant appliqué sur la face dorsale des proies, les protubérances internes des mandibules en comprimant les flancs, tandis que leurs extrémités tridentées serrent la face ventrale.

Cette constriction thoracique, comme une strangulation, produit dans la chaîne nerveuse des lésions et des troubles moteurs durables, suffisants pour que les proies entassées dans les cellules demeurent dans une immobilité complète tout en conservant une fraîcheur qui ne s'altère que lentement.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Irradiations localisées aux rayons* X *et déterminisme des caractères sexuels temporaires chez le Crustacé Isopode* Asellus aquaticus *L. femelle*. Note (*) de Mme **Marie-Louise Balesdent-Marquet**, transmise par M. Louis Fage.

La castration par l'irradiation des Aselles ♀ entiers avec le radium (1), remplaçant l'ablation chirurgicale impossible, a toujours été accompagnée de la suppresssion des caractères sexuels périodiques. Cependant, il n'est pas impossible qu'en dehors de l'ovaire existe une glande endocrine femelle et la présence d'œufs dans la gonade n'est pas forcément le signe de la production d'un facteur féminisant par la gonade; nous avons en effet montré dans une Note précédente (2), que la formation d'un même nombre d'œufs dans l'ovaire

(*) Séance du 1er août 1955.
(1) V. Hæmmerli-Boveri, *Zeitsch. f. Wiss. Biol. C.*, *Physiol.*, 4, 1926, p. 668-698 ; M.-L. Balesdent-Marquet, *Comptes rendus*, 239, 1954, p. 1872.
(2) *Comptes rendus*, 240, 1955, p. 1275.

est suivie d'un développement complet ou incomplet suivant les cas, des caractères sexuels périodiques. Il convient donc de rechercher des cellules sécrétrices soit dans l'ovaire, soit hors de l'ovaire. D'autre part, on sait que chez les Décapodes, des cellules sécrétrices, localisées en particulier dans le pédoncule oculaire, sont responsables du développement des œufs et des caractères sexuels de la puberté. Or, des cellules ou organes homologues existent chez les Isopodes dans la région céphalique (organe de Bellonci, organe pseudo-frontal de Gräber, organe Y). L'irradiation d'un Aselle entier peut donc affecter aussi bien les organes sécréteurs de la région céphalique que l'ovaire lui-même ou qu'une glande femelle hypothétique située en dehors de l'ovaire. Nous avons donc irradié séparément soit la région antérieure (région céphalique et premier segment thoracique) soit la région postérieure (thorax et région abdominale).

35 ♀ ont été irradiées en janvier du deuxième segment thoracique à l'extrémité de l'abdomen; 6 n'étaient pas encore en activité reproductrice. 34 ♀ ont eu la tête et le premier segment thoracique irradiés fin janvier ou fin février; 8 étaient impubères ou en période de repos sexuel. 40 témoins choisis à la même époque à des stades semblables ont été anesthésiés et élevés dans les mêmes conditions que les irradiés. Ces Aselles ont été suivis jusqu'en juillet.

Un écran de plomb de 3 mm d'épaisseur protège les régions de l'animal qui ne doivent pas être irradiées. La place très exacte des segments par rapport à l'écran et l'immobilité absolue ont été rigoureusement observées.

Les expériences ont été faites dans les mêmes conditions que les irradiations d'Aselles entiers (²) : ampoule à rayons X de 6 kW sous 60 kV et avec trois mA; 6,5 cm de l'anticathode à l'animal; 45 mn pour les irradiations de la région thoracique, le double pour les irradiations de la tête.

Résultats obtenus par irradiation du thorax et de l'abdomen. — Certaines ♀ en période de reproduction ou non n'ont pas été castrées du tout et ont fait des « mues parturielles » (³) accompagnées de ponte, comme les témoins (8 cas). D'autres ont été castrées complètement et ont fait 2, 3, 5, ou 7 « mues normales » (10 cas). Entre ces cas extrêmes, quelques intermédiaires : 3 ♀ après une castration de courte durée (1 ou 2 « mues normales ») ont refait une « mue parturielle » accompagnée normalement de la ponte. 5 ♀ ont fait une « mue dite parturielle » avec tous les caractères sexuels liés à l'incubation, mais qui n'ont pas été suivie de ponte. 3 ♀ enfin ont fait au début de la castration une « mue anormale » caractérisée par l'apparition d'un seul caractère sexuel temporaire, la palette chargée de soies du maxillipède, en l'absence de ponte.

En résumé, nous voyons que sont supprimées dans l'ordre, soit la ponte seule, soit la ponte et la poche incubatrice, soit la ponte, la poche et la palette du maxillipède. L'hypothèse la plus simple est alors de supposer que dans

(³) La « Parturialhaütung » de Van Eneen (*Arch. f. Naturgesch.*, 88, A, 1922, p. 98) a été traduite par A. Vandel par « mue parturielle » (*Comptes rendus*, 206, 1938, p. 621). En 1953, j'avais traduit par erreur le mot allemand par « mue parturiale ».

l'ovaire sont situés côte à côte la lignée germinale avec les cellules nourricières conduisant à la ponte et sans action aucune sur les caractères sexuels périodiques, et un organe endocrine responsable du développement des caractères sexuels périodiques. Cet organe, hypothétique pour le moment, produirait un facteur agissant sur les oostégites de la poche incubatrice et sur la palette du maxillipède, le seuil étant plus élevé pour les oostégites.

Résultats des irradiations localisées à la tête et au premier segment thoracique. — Les ♀ pubères ont effectué avant de mourir 2, 3 ou 4 « mues parturielles » normales et ont pondu comme les témoins. Les ♀ impubères ou les ♀ jeunes en période de non reproduction par contre montrent les réactions suivantes : 3 ♀ n'ont pas fait leur puberté et leurs oostégites ont gardé l'aspect juvénile au cours des « mues normales » qu'elles ont effectuées. 2 autres ♀ ont fait leur « mue parturielle » de la puberté et ont pondu une dizaine d'œufs (ce nombre réduit est normal pour une première ponte); après une courte castration (1 et 2 « mues normales »), elles ont fait une mue qui a donné naissance à des caractères sexuels semblables à ceux qui apparaissent lors des « mues normales », oostégites non fonctionnelles, épipodite du maxillipède sans palette chargée de soies, *mais elles ont pondu* respectivement 16 et 10 œufs qui sont tombés dans l'eau.

En résumé, les irradiations de la tête de 2 ♀ impubères ont permis d'observer 2 cas de ponte sans aucun développement des caractères sexuels liés à l'incubation.

Interprétation des résultats. — L'irradiation de la région céphalique supprimant les caractères sexuels périodiques sans obligatoirement supprimer la ponte, nous sommes amenées à formuler deux hypothèses : ou bien la région céphalique agit directement sur la glande ♀ hypothétique, ou bien la région céphalique agit en conjonction avec la glande ♀ sur les caractères sexuels périodiques. Il est possible que l'irradiation des organes sécréteurs de la région céphalique modifie le milieu intérieur de l'Aselle au point de s'opposer au développement des caractères sexuels. Les faits que nous venons de mettre en évidence étendent aux Isopodes l'influence d'organes sécréteurs sur les caractères sexuels, déjà démontrée chez les Brachyoures.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Action du glucose et de l'acide adenosine triphosphorique* (ATP), *sur la teneur de la cellule en potassium.* Note (*) de MM. **Joseph Stolkowski** et **Alain Reinberg**, présentée par M. Robert Courrier.

Nous avons montré, dans des travaux antérieurs [1], [2], que les hormones

(*) Séance du 8 août 1955.

[1] A. Reinberg et J. Stolkowski, *Ann. Endocrinol.*, 13, nº 4, 1952, p. 599.

[2] J. Stolkowski et A. Reinberg, *Arch. Sc. Physiol.*, 8, 1953, p. 51.

corticosurrénales agissaient sur la cellule en ralentissant ses échanges de potassium avec le milieu (mouvements d'entrée et de sortie); mais le courant de sortie étant moins influencé que le courant d'entrée, la cellule s'appauvrit finalement en potassium. La recherche des bases biochimiques de cette action des corticostéroïdes nous a conduit à relier l'effet observé au métabolisme des protides et des glucides. En particulier il semblait possible que l'ATP fût l'un des facteurs de cette liaison. Mais l'action de l'ATP sur le potassium cellulaire, postulée par divers auteurs (3), (4), n'avait pas été mise en évidence expérimentalement. C'est la réalité de cette action que nous avons d'abord cherché à vérifier.

Nous avons utilisé des cœurs d'*Hélix pomatia* L. maintenus en survie dans des solutions de Cardot (1) contenant (cœurs traités), ou non (cœurs témoins), les composés à étudier. Les mouvements d'entrée et de sortie du potassium ont été suivis à l'aide de $_{42}K^*$. Les dosages de K total et de Na ont été effectués au photomètre à flamme.

On n'observe pas de variation de la teneur des cellules en potassium quand on ajoute de l'ATP au milieu type habituel dans lequel elles baignent. Mais lorsque ce milieu contient simultanément du glucose et de l'ATP, *les cellules perdent du potassium*. Nous opérons en présence de 0,66 mM de glucose et 0,12 mM d'ATP pour 100 cm³ (*voir* tableau).

Teneur en K *total de cœurs d'*Helix pomatia *ayant séjourné en : milieu type* (T), *milieu type contenant : du glucose* (T + G), *de l'*ATP (T + ATP), *du glucose et de l'*ATP (T + G + ATP).

	m.	*n.*	σ_m.
T	58,3	47	1,2
T + G	58,6	44	0,98
T + ATP	59,2	39	1,03
T + G + ATP	54,7	35	0,99

m, moyenne des concentrations tissulaires en potassium mEq/1000 g; *n*, nombre de cœurs expérimentés; σ_m, erreur standard de la moyenne.

La concentration en ATP influe peu sur le processus au-dessous de 0,03 mM %. L'étude des courants d'entrée et de sortie du K des cellules en présence de glucose et d'ATP montre que l'appauvrissement constaté résulte de l'accélération de la sortie et du ralentissement de l'entrée. *Le processus se maintient en anaérobiose.*

L'étude du mécanogramme des cœurs d'Hélix montre qu'en présence d'ATP et de glucose, l'énergie contractile diminue. Simultanément, on observe une diminution de la quantité d'acide lactique libéré dans le milieu. L'appauvrissement en potassium constaté ne provient donc pas d'une augmentation de

(3) R. E. DAVIES et H. A. KREBS, *Biochem. Soc. Sympos.*, n° 8, 1952, p. 77.
(4) P. LING, *in* « *Phosphorus Metabolism* », **2**, p. 748-791, John Hopkins Press.

l'activité contractile. L'acide adénosine-5-monophosphorique (AMP), ne donne pas, en présence de glucose, le même effet que l'ATP. Utilisés seuls, les esters suivants : glucose-1-phosphate, glucose-6-phosphate, fructose-6-phosphate, glycérophosphates α et β n'ont pas d'effet significatif; l'hexose-diphosphate, par contre, semble enrichir le tissu en potassium : cela confirmerait des observations antérieures (5). L'acide pyruvique seul est sans effet; en présence d'ATP, l'hexose-diphosphate enrichit encore la cellule en K, *mais l'acide pyruvique l'appauvrit*. Nous nous proposons donc d'approfondir ces recherches au niveau des trioses.

En présence de glucose et d'ATP, les cœurs, au repos, s'enrichissent en glycogène. On peut remplacer efficacement l'ATP par du phosphate minéral, tel que PO_4NaH_2, H_2O, que nous avons utilisé. Les cellules auxquelles on fournit de l'ATP en présence de glucose libèrent du phosphate minéral dans le milieu (nous n'y avons pas révélé d'ATP-ase), ce qui permet de penser que c'est par son apport de phosphate, indépendamment de toute question énergétique, que s'exerce l'action de l'ATP. Mais on remarque surtout, en dosant l'acidité titrable du milieu, un trouble important de l'équilibre acide-base, trouble qui reflète lui-même le déséquilibre acido-basique intra-cellulaire. C'est finalement à ce trouble qu'il est logique d'attribuer les variations de la teneur des cellules en K. En effet, les ions H^+ étant produits dans la cellule en présence de glucose et d'ATP (suivant un mécanisme dont nous ne préjugeons rien), il est classique d'admettre (6) que ces ions déplacent le potassium lié à certains constituants cellulaires, protidiques et glucidiques, ce qui aurait pour conséquence d'appauvrir la cellule en potassium.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Activité et spécificité de la L-acidaminodéshydrogénase du foie de Dindon*. Note (*) de MM. **Paul Boulanger** et **Roger Osteux**, présentée par M. Maurice Lemoigne.

La L-acidaminodéshydrogénase du foie de dindon peut être purifiée par quatre précipitations successives par le sulfate de sodium à 15 % (*p/v*) à pH 5,6. Elle est active surtout vis-à-vis des acides aminés basiques et, à un degré moindre, des aromatiques, de la leucine et de la méthionine.

La L-acidaminodéshydrogénase du foie de dindon (1) peut être purifiée, et notamment privée d'activité catalasique, par des précipitations successives par le sulfate de sodium. Le mode opératoire suivant a été adopté.

---

(5) Plattner, *In Le Métabolisme du potassium*, Masson, 1954.

(6) R. W. Berliner, *In Renal Function*, 3e Conférence, 1951.

(*) Séance du 8 août 1955.

(1) *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 1409; 235, 1952, p. 524; 238, 1954, p. 406; 239, 1954, p. 458.

3 g de poudre de foie de dindon, dégraissée et déshydratée par l'acétone, sont triturés dans 12 ml de solution-tampon de pyrophosphate de sodium M/15 de pH 8,3 ; après 30 mn de contact à la température du laboratoire, on centrifuge 20 mn à 3000 tours et l'on obtient ainsi 5 ml de liquide surnageant fortement coloré en jaune brun, qui constitue la préparation brute A (8 à 10 mg d'azote protéique par ml). L'activité catalasique est variable, généralement assez forte, mais parfois insuffisante pour que le rapport moléculaire de désamination O_2/NH_3, en présence d'une quantité élevée de substrat, ne dépasse pas la valeur de 0,5.

La purification se fait à partir d'une préparation obtenue par macération de 8 g de poudre acétonique dans 150 ml de solution-tampon de pyrophosphate M/60 de pH 8,3, pendant 45 mn à 37°C. Le liquide surnageant après centrifugation est amené à pH 5,1 par addition d'acide acétique, porté rapidement à la température de 38°C et aussitôt refroidi et centrifugé; le culot est dissous dans 20 ml de solution-tampon de pyrophosphate M/30 de pH 8,3; on ajoute 3,4 g de sulfate de sodium anhydre et on laisse précipiter pendant 90 mn à la température du laboratoire. On centrifuge d'abord pendant 20 mn à 3000 t, on met le culot en suspension dans 40 ml d'eau distillée et l'on centrifuge de nouveau pendant 60 mn à 16000 t et à une température inférieure à + 5°C. Le liquide surnageant est recueilli, acidifié à pH 5,6 par de l'acide acétique et précipité de nouveau dans les mêmes conditions par le sulfate de sodium à la concentration de 15 g pour 100 ml. Le culot de centrifugation, repris dans le pyrophosphate M/15 de pH 8,3, donne une préparation enzymatique B (2,4 mg d'azote protéique par ml) qui possède encore une certaine activité catalasique. On recommence alors trois fois la précipitation à pH 5,6 par le sulfate de sodium à 15%. La solution obtenue finalement (C) est absolument privée de catalase (0,55 à 0,60 mg d'azote protéique par m)l. Notons que la préparation perd son activité par dyalise contre un tampon phosphate M/50 de pH 7,6 à + 4° C pendant 12 h, et la retrouve pratiquement en totalité par addition du dialysat préalablement concentré.

L'activité des préparations enzymatiques a été déterminée en fioles de Warburg vis-à-vis de la plupart des acides aminés naturels et les résultats sont résumés dans le tableau ci-dessous.

Substrats (50 μM, atm. O_2, 37,5° C).	$Q_{O_2}^{O_2}(N) = \mu l$ de O_2 consommés en 60 mn, en atmosphère de O_2 pur, par mg d'azote protéique, Préparations A. *a.*	A. *b.*	B (*).	C. *a.*	C. *b.*
L-Lysine	62	–	318	3 330	–
L-Ornithine	68	93	438	4 370	1 100
L-Arginine	55	–	286	–	940
L-Histidine	–	50	217	–	348
L-Phénylalanine	–	57	83	–	472
L-Tyrosine (**)	–	19	63	–	172
L-Leucine	–	23	–	–	160
DL-Méthionine (***)	–	39	–	–	176
L-Alanine	–	11	–	–	0
Acide L-glutamique, Acide L-aspartique, Acide DL-α-amino-adipique, DL-Sérine, DL-Valine, DL-Isoleucine	0	–	–	–	0

a et *b* désignent deux préparations différentes
(*) Avec addition de catalase.
(**) 20 μM.
(***) 100 μM.

Le Q_{O_2} varie selon les préparations, les foies d'été donnant généralement des préparations moins actives que les foies d'hiver.

La L-acidaminodéshydrogénase du foie de dindon peut donc être obtenue sous une forme hautement purifiée; elle est active essentiellement vis-à-vis des acides aminés *basiques*; elle catalyse à un degré moindre la désamination des acides aminés aromatiques, de la leucine, de la méthionine et de l'alanine; elle est sans action sur les dicarboxyliques, la sérine, la valine et l'isoleucine, c'est-à-dire lorsque la molécule comporte un second carboxyle, un oxhydrile alcoolique ou une ramification en β. Cette spécificité d'action la distingue nettement de toutes les désaminases animales et végétales actuellement connues.

ÉCONOMIE RURALE. — *Évaluation du champ visuel monoculaire des Bovins domestiques* (Bos taurus *L.*). Note de M. **Clément Bressou**, présentée par M. Gaston Ramon.

Le champ visuel monoculaire des Bovins, évalué par la méthode des images transsclérales, mesure, en valeur moyenne, 205° au total, dont 100° du côté nasal et 105° du côté temporal de la tête.

L'évaluation du champ visuel des Vertébrés a été cherchée par bien des méthodes. La plus directe, imaginée par von Tschermack, puis par Rochon-Duvigneaud (1), consiste à apprécier les limites du trajet d'une image transsclérale produite par une source lumineuse se déplaçant devant la cornée, dans des conditions déterminées.

Nous avons ainsi évalué le champ visuel des Bovins domestiques, mensuration qui n'avait pas été précisée jusqu'ici, malgré son importance pour l'utilisation d'un animal de travail et de sport.

Pour ces recherches, nous nous sommes servi, soit du périmètre conçu par Rochon-Duvigneaud, Bourdelle et Dubar (2), soit d'un appareil construit par nous-même, sur le même principe.

Nous avons opéré sur des globes oculaires énucléés, dénudés et à sclérotique soigneusement amincie, le plan iridien maintenu en position horizontale.

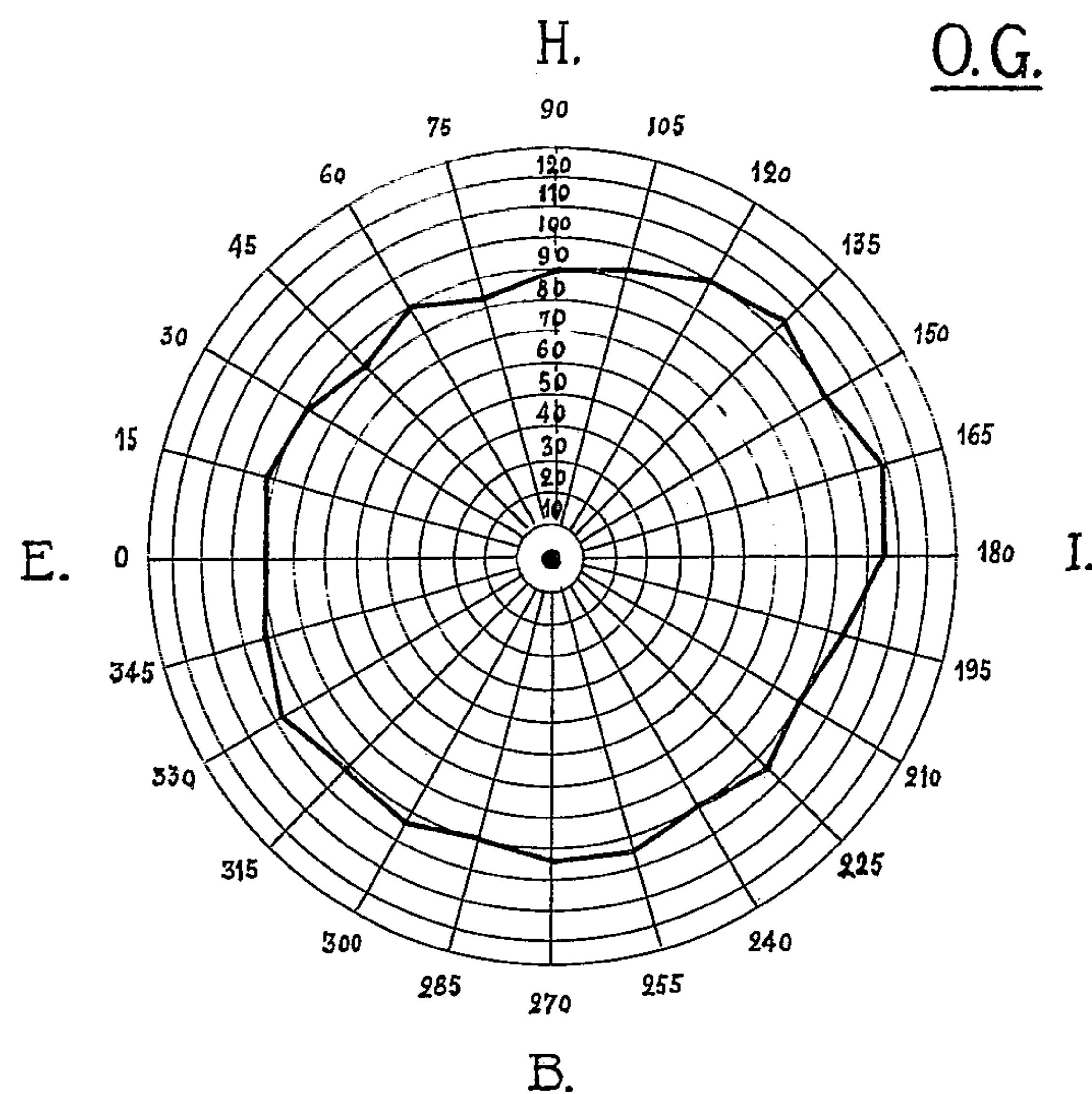
Les points limites de l'image transsclérale ont été reportés sur des gabarits où les méridiens sont figurés de 15° en 15°, l'éloignement du pôle postérieur du globe oculaire étant porté sur des cercles espacés de 10 en 10 degrés.

Le relevé ci-après (*fig.* 1) correspond à une observation représentant assez bien la moyenne des résultats obtenus.

De ce relevé, il résulte que le champ monoculaire d'un Bovin adulte affecte la forme d'un ovale aplati, le grand axe étant oblique en haut et en dedans.

(1) *Ann. d'Oculistique*, 159, 1922, p. 365.
(2) *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 542.

La valeur angulaire maximum de ce champ est située sur un méridien oblique en bas et en dehors de 20 à 35° sur le méridien horizontal. Elle est de 205° en moyenne.



Champ visuel anatomique d'un Bovin.

La valeur angulaire minimum est située sur un méridien très proche du plan vertical, puisqu'il fait avec celui-ci un angle vers l'extérieur de 10 à 15° seulement; elle atteint 190° en moyenne.

Le champ visuel monoculaire des Bovins apparaît ainsi plus étendu dans le sens transversal que dans le sens vertical. Il mesure 205° en valeur moyenne, dont 100° en avant, du côté nasal et 105° en arrière, du côté temporal de la tête.

La constance des nombres relevés dans plusieurs examens doit être signalée; la valeur maximum de ce champ n'a pas dépassé 215° et sa valeur minimum n'est pas descendue au-dessous de 183°.

Le peu de différence qui existe entre les parties nasale et temporale du champ visuel des Bovins, trouve sa manifestation anatomique dans la faible hauteur du cercle ciliaire et sa légère assymétrie; l'obliquité en haut et en dedans de son grand axe, explique l'étendue réduite de la partie externe de ce cercle.

La séance est levée à 15 h 35.

L. B.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 22 AOUT 1955.

PRÉSIDENCE DE M. ALBERT CAQUOT.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** annonce le décès, survenu à Grenoble (Isère), le 20 août 1955, de M. **Maurice Gignoux**, membre non résidant, et invite l'Académie à se recueillir en silence pendant quelques instants, en signe de deuil.

L'allocution nécrologique d'usage sera lue en l'une des prochaines séances, par M. **Charles Jacob.**

M. le **Président** signale à l'Académie la présence de MM. **Manne Siegbahn**, Associé étranger de l'Académie et de **Jean Timmermans**, Correspondant de l'Académie. Il leur souhaite la bienvenue et les invite à prendre part à la séance.

THÉORIE DES FONCTIONS RÉELLES. — *Totalisation des dérivées premières généralisées*. I. Note de M. **Arnaud Denjoy.**

La dérivée première généralisée $f(x)$ d'une fonction continue $F(x)$ est aussi la dérivée seconde généralisée de toute primitive de $F(x)$. Le calcul de F à partir de f est impliqué par la totalisation à deux degrés des dérivées secondes généralisées, donnée par l'auteur dans ses *Leçons sur le Calcul des coefficients des séries trigonométriques*. Cette Note prélude à la totalisation déduisant directement F de f.

La *dérivée* (première) *généralisée* (de Riemann) $f(x)$ d'une fonction $F(x)$ définie (et ci-après *continue*) sur un intervalle ab, soit

$$f(x) = D_s F(x) = \lim_{h=0} \frac{[F(x+h) - F(x-h)]}{2h} \tag{1}$$

est la dérivée seconde généralisée $D_{2.s}G$ de la primitive $G(x)$ de $F(x)$ (dès que $F(x)$ est sommable). Dans mes *Leçons sur le calcul des coefficients d'une série trigonométrique* (Chap. V, VI et VIII, fasc. 3 et 4) j'ai donné un procédé, noté $(T_{2.s})_0$ (p. 317, 389-392, 466), comportant neuf opérations distinctes,

permettant dans tous les cas de remonter de $D_{2.s}G$ à G (défini à une fonction linéaire additive près). $F(x)$ étant $G'(x)$, le problème de tirer F de f donnée est donc résolu. Mais, dans le cas général, G est privé de dérivée sur un ensemble indénombrable, partout dense. La complexité de la solution fournie par $(T_{2.s})_0$ doit *à priori* beaucoup se réduire par les hypothèses $G'(x) = F(x)$ existante et continue, $D_{2.s}G = D_s F = f$; M. Zygmund m'en fit un jour la remarque et je proposai à un chercheur, mais sans résultat, cette étude, dont je donnerai la conclusion.

Le problème est de trouver, par une totalisation T_s(symétrique du premier ordre) la variation $V(F, x, x') = F(x') - F(x) = T_s(f, x, x')$ pour tout ouple $x, x'(x < x')$ du segment ab [supposons l'existence de $F(a+0)$ et de $F(b-0)$]. Posons, pour $|h| > 0$,

$$F(x+h) - F(x-h) = 2h\,Q(x, h) \tag{2}$$

et $A(x) = \max\limits_{|h|>0} |Q(x, h)|$. Si $f(x) = D_s F$ est partout finie, il en est de même de $A(x)$, et

$$|F(x') - F(x)| < |x' - x|\,A\left(\frac{x+x'}{2}\right). \tag{3}$$

I. 1° Pour tout ensemble parfait P, l'ensemble K(P) des points de P au voisinage desquels $A(x)$ est non borné, K(P) fermé est non dense sur P. Sur toute portion $\varpi(P)$ de P disjointe de K(P), $A(x)$ est borné et *a fortiori* f est sommable. L'intégration de Lebesgue sur un ensemble parfait où f est sommable est la *première opération* de T_s.

2° Si $P = ab$, sur tout segment $\alpha\beta$ disjoint de $K(ab)$, $F(x)$ a, d'après (3), ses nombres dérivés bornés. Sur une plénitude de $ab - K(ab)$, $f(x)$ est la dérivée ordinaire de $F(x)$ et $V(\alpha, \beta) = \int_\alpha^\beta f(t)\,dt$.

II. Nous disons que $V(x, x')$ est *connu sur un ensemble e* s'il l'est pour tout couple x, x' appartenant à e; $F(x)$ étant continu, la connaissance de $V(x, x')$ sur e entraîne par *passage à la limite*, qui est la *seconde opération* de T_s, la connaissance de $V(x, x')$ sur la totalité de la fermeture $\bar{e}$ de e.

III. Soit E(A) l'ensemble des x de ab où $A(x) \leqq A$; E(A) est fermé.

1° Si θ et $\theta' = \theta + k$ sont deux points de E(A), et $x = \theta + h$ quelconque sur ab, soient $x_1, x_2, \ldots$ les symétriques de $x = x_0$ par rapport à θ et à θ' alternativement : $x_{2m} + x_{2m+1} = 2\theta$, $x_{2m-1} + x_{2m} = 2(\theta + k)$, les mêmes relations valant pour $m < 0$, x_{-1} étant le symétrique de x par rapport à θ'. Donc (*Leçons*, p. 235) :

$$x_{2m} = x + 2mk = \theta + h + 2mk, \qquad x_{2m+1} = \theta - h - 2mk, \tag{4}$$

$$F(x_p) = F(x) + 2\delta A[|h| + |h + \iota k| + \ldots + |h + (p-\iota)k|], \qquad (\delta^2 < 1). \tag{5}$$

avec $\iota = 1$, $\iota p > \theta$.

Si $|h| > 2|k|$, soit $2m$ positif ou négatif, déterminé par les conditions

(6) $$|h + 2mk| < 2|k| \quad \text{et} \quad h(h + 2mk) > 0.$$

donc : $m = -h/2k + \delta$, $|\delta| < 1$ et $\delta hk > 0$. Alors

$$F(x_{2m}) = F(x) + 2\delta A[|h| + (|h| - |k|) + \ldots + (|h| - \overline{2|m| - 1}|k|)].$$

Le crochet vaut $|m|[2|h| - \overline{2|m| - 1}|k|] < 2|mh| < 2h^2/|k|$.

(7) $$F(x_{2m}) = F(x) + 4\delta A h^2 k^{-1}.$$

2° Soient θ, $\theta + k_n (n \geqq 1)$ un ensemble de points de $E(A)$ vérifiant

$$|k_n| > 2|k_{n+1}| \quad \text{et} \quad \frac{\sum k_n^2}{|k_{n+1}|} < \infty \quad (\textit{Leçons}, \text{ p. } 257\text{-}262).$$

Supposons $|h| < 4|k_1|$. Si $2|k_r| \leqq |h| < 2|k_{r-1}|$, nous posons

$$h = h_r \, (k_0 = \infty).$$

La suite h_p éventuellement lacunaire, sera définie conformément aux relations (4) et (6). Si h_p est non terminal ($h_p = 0$ exclu), il satisfait à : $hh_p > 0$ et $2|k_p| \leqq |h_p| < 2|k_{p-1}|$; h_p a pour conséquent h_q ($r \leqq p \leqq q - 1$) vérifiant $hh_q \geqq 0$ et $|h_p - h_q| = 2|m_p k_p|$ (m_p entier). On en conclut, $F(\theta + h_p)$ tendant vers $F(\theta)$ si p croît :

(8) $$F(\theta + h) - F(\theta) = 4\delta A \sum_{p \geqq r} \frac{h_p^2}{|k_p|} \qquad (|h| < 4k_1|).$$

Si $|k_p/k_{p+1}| < \alpha$ indépendamment de p, et c étant une constante absolue,

(9) $$F(\theta + h) - F(\theta) = \delta c A \alpha h$$

Je renvoie le lecteur aux *Leçons* pour le sens de ces notions relatives à un ensemble parfait linéaire P : *indice* de P (même simplement fermé) en un de ses points (p. 108); *coefficient d'isolement* λ d'une *portion* isolée (ou de son *segment isolant*) de P (p. 112); *segments spéciaux* ($\lambda \geqq 1$), *segments primaires*, *ensembles* $I(P, \lambda)$ fermé et $J(P, \lambda)$, complémentaires sur P, le second formé des points contenus dans un segment isolant de coefficient $\geqq \lambda$ et $\Omega(P) = \sum_\lambda I(P, \lambda)$, $\Omega'(P) = \prod_\lambda J(P, \lambda)$ (p. 118-120); *sorte* de P, *première* si P est identique à un $I(P, \lambda)$, *seconde* si $P = \Omega'(P)$, *troisième* si $\Omega(P)$ et $\Omega'(P)$ sont tous deux partout denses sur P (p. 121-123).

3° En tout point de $E(A)$ où l'indice de cet ensemble est fini, et particulièrement aux points où l'épaisseur est 1, donc sur une plénitude de $E(A)$, les quatre dérivés de $F(x)$ sont finis, d'après (9). Donc, sur une plénitude de la précédente, $F(x)$ a une dérivée générale finie, nécessairement égale à $f(x)$; ab étant $\sum_A E(A)$, *$f(x) = F'(x)$ sur une plénitude de ab.*

4° I étant un ensemble fermé dont les contigus s'énumèrent en u_n ou $a_n b_n$, supposons qu'une fonction $z(x)$ ait été intégrée par $Z_n(x)[Z_n(a_n)=0]$ sur tout segment $a_n x (a_n < x \leqq b_n)$. Soient $V_n = Z_n(b_n)$, ω_n l'oscillation de $Z_n(x)$ sur u_n, $\iota_n = \pm 1$ avec $\iota_n V_n \geqq 0$. Nous dirons que $z(x)$ est *complètement totalisable* (1) *sur* P si la fonction $\varphi = z(x)$ sur I, $\varphi = 2(V_n - \iota_n \omega_n)/u_n$ sur $a_n c_n$ $\varphi = 2\iota_n \omega_n / u_n$ sur $c_n b_n$ est complètement totalisable.

Si l'indice de l'ensemble parfait P *en chacun de ses points est fini* $[P = \Omega(P)]$ (particulièrement si P est de la première sorte), les quatre dérivés extrêmes de $F(x)$ en tout point de P étranger à K(P) sont finis. Si K(P) n'existe pas, P étant contenu dans un E(A), la variation de $F(x)$ autour de P (*Mém.*, p. 255) est réductible (*Mém.*, p. 62, 261 en note et 278), et $f(x)$ *est complètement totalisable sur* P.

Dans le cas général [K(P) existant], les points de P autour desquels ou bien $f(x)$ est non sommable sur P [points inclus dans K(P)], ou bien la série $\sum \omega_n$ diverge, forment un ensemble non dense sur P. Sur tout segment xx' disjoint de cet ensemble et contenant intérieurement des points de P, $V(x, x') = T_s(f, x, x')$ se calcule par la *troisième opération* de la totalisation complète. Ce sera aussi celle de T_s.

5° ξ et ξ' étant deux points d'accumulation de I fermé, $z(x)$ sera dite *complètement totalisable sur* I en ξ, et non en ξ', si φ l'est dans un intervalle contenant ξ et ne l'est dans aucun contenant ξ'. Pour la fonction f, l'ensemble $Q = Q(I)$ des ξ' *est parfait et* $\Omega'(Q)$ *est partout dense sur* Q.

Ces observations préliminaires nous permettront de définir rapidement les deux dernières opérations et le processus complet de T_s.

PLIS CACHETÉS.

A la demande des auteurs, le pli accepté en la séance du 10 décembre 1952 et enregistré sous le n° 13025, est ouvert par M. le Président. Le document qui en est retiré sera soumis à l'examen de la Section de Chimie.

A la demande de l'auteur, le pli accepté en la séance du 4 mai 1953 et enregistré sous le n° 13090, est ouvert par M. le Président. Le document qui en est retiré sera soumis à l'examen de la Section de Chimie.

---

(1) *Mémoire sur la dérivation et son calcul inverse* (Reproduction de mes articles de 1915-1917, Paris, 1954, p. 339.

CORRESPONDANCE.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Sur l'évolution d'un jet en espace confiné.* Note de MM. **Antoine Craya** et **Roger Curtet**, transmise par M. Joseph Pérès.

On rencontre, dans certaines applications techniques comme les éjecteurs, le problème d'un jet s'écoulant dans l'axe d'un conduit symétrique alimenté par un courant secondaire. Nous avons analysé, à la lumière d'une étude expérimentale effectuée par l'un de nous, le comportement d'un jet plan liquide dans ce cas peu exploré d'une vitesse et d'un gradient de pression ambiants.

Entre la frontière du jet et la couche limite à la paroi du tuyau, le profil de vitesse comporte une section à vitesse constante u_1 ; à partir du profil de vitesse excédentaire $w = u - u_1$ on définit la demi-largeur efficace l du jet et un paramètre de forme k du profil par (y étant la distance à l'axe):

$$l = \int_0^{+\infty} \frac{w}{w_0}\,dy, \qquad k = \int_0^{+\infty} \frac{w^2}{w_0^2}\,\frac{dy}{l}$$

et le profil réduit $f = w/w_0$ rapporté à la hauteur réduite $\eta = y/l$; pour des conditions aux limites données f est une fonction de η et de x ou encore de η et d'un paramètre dépendant de x pour lequel il est avantageux de choisir k.

En intégrant par rapport à y l'équation bien connue de Reynolds écrite dans l'approximation de la couche limite, avec l'expression de la vitesse

$$u = u_1 + w_0 f(\eta, k)$$

et en s'aidant de l'équation de continuité, on obtient après quelques calculs

$$(1)\quad \begin{cases} -\dfrac{\tau}{\rho w_0^2} = -\dfrac{(u_1^2 w_0 l)_x}{u_1 w_0^2}\mathrm{F} - \dfrac{(k w_0^2 l)_x}{w_0^2}\mathrm{M} + \dfrac{(w_0 l)_x}{w_0} f\mathrm{F} + \dfrac{(u_1 l)_x}{w_0} f\eta - \dfrac{u_1}{w_0} l k_x \dfrac{\partial \mathrm{F}}{\partial k} \\ \qquad - l k_x\left[k\dfrac{\partial \mathrm{M}}{\partial k} - f\dfrac{\partial \mathrm{F}}{\partial k}\right], \end{cases}$$

où l'indice x indique une dérivation par rapport à x; τ est le frottement unitaire et les fonctions F et M sont définies par

$$\mathrm{F} = \int_0^{\eta} f\,d\eta, \qquad \mathrm{M} = \frac{1}{k}\int_0^{\eta} f^2\,d\eta.$$

Écrivant que $\tau = 0$ à la frontière du jet on a une première condition du problème (équivalente à l'équation de von Karman en couche limite)

$$(2)\quad \frac{(u_1^2 w_0 l)_x}{u_1 w_0^2} + \frac{(k w_0^2 l)_x}{w_0^2} = 0.$$

L'expérience nous a montré que dans des limites étendues f ne varie pas.

Compte tenu de (2) l'équation (1) s'écrit alors

$$(1') \qquad -\frac{\tau}{\rho w_0^2} = -k\frac{(w_0^2 l)_x}{w_0^2}(\mathrm{M}-\mathrm{F}) + \frac{(w_0 l)_x}{w_0} f\mathrm{F} + \frac{(u_1 l)_x}{w_0} f\eta.$$

Il convient de remarquer que les courbes $\mathrm{M}-\mathrm{F}$, $f\mathrm{F}$ et $f\eta$ sont approximativement affines, de sorte que l'invariance assumée de f entraîne la similitude approchée des τ. On aurait pour un jet libre (fluide extérieur illimité au repos)

$$-\frac{\tau}{\rho w_0^2} = 2\sigma f\mathrm{F}$$

et c'est à une distribution sensiblement identique que conduisent nos hypothèses dans le cas général; on ne peut toutefois affirmer à priori que le coefficient σ soit universel.

On tirera de (1') une équation globale en l'intégrant à travers le jet après l'avoir multipliée par une fonction de pondération $\Psi(\eta)$: par exemple, $\Psi = 1$ correspond à l'équation des moments des quantités de mouvement et $\Psi = df/d\eta$ à une équation d'énergie. On obtient dans les deux cas l'équation :

$$(3) \qquad \sigma = -a\frac{(w_0^2 l)_x}{w_0^2} + \frac{1}{2}\frac{(w_0 l)_x}{w_0} + b\frac{(u_1 l)_x}{w_0}$$

et en conformité avec ce qui précède les coefficients numériques a et b relatifs aux deux cas diffèrent très peu.

En adjoignant à (2) et (3) une équation de continuité

$$(4) \qquad \mathrm{Q} = u_1(h - \delta_*) + w_0 l$$

(Q demi-débit total, h demi-hauteur du canal, δ_* épaisseur de déplacement de la couche limite à la paroi) on peut calculer l'évolution de l, w_0 et u_1.

L'analyse qui précède permet d'abord, à défaut d'une mesure directe de τ, d'en étudier le comportement à partir de mesures de l, w_0, u_1.

On peut en second lieu intégrer le système (2) (3) (4) pour $h = \text{const.}$ et δ_* négligeable et obtenir l, w_0 et u_1 en fonction de $\xi = \int \sigma\, dx/h$. On a pu même, ignorant la variation de σ et adoptant une valeur moyenne rendre compte ainsi très convenablement des résultats expérimentaux (du moins dans la gamme observée).

Une conséquence notable de la théorie est enfin que, sous certaines conditions aux limites, il peut apparaître, en aval et avant que le jet ait atteint la paroi, une section où u_1 s'annule. A partir de cette section, tout le débit secondaire venant d'amont ayant été incorporé au jet, sa puissance résiduelle d'absorption s'exercera au détriment de lui-même par un tourbillon de recirculation; cette notion est importante dans la technologie des flammes.

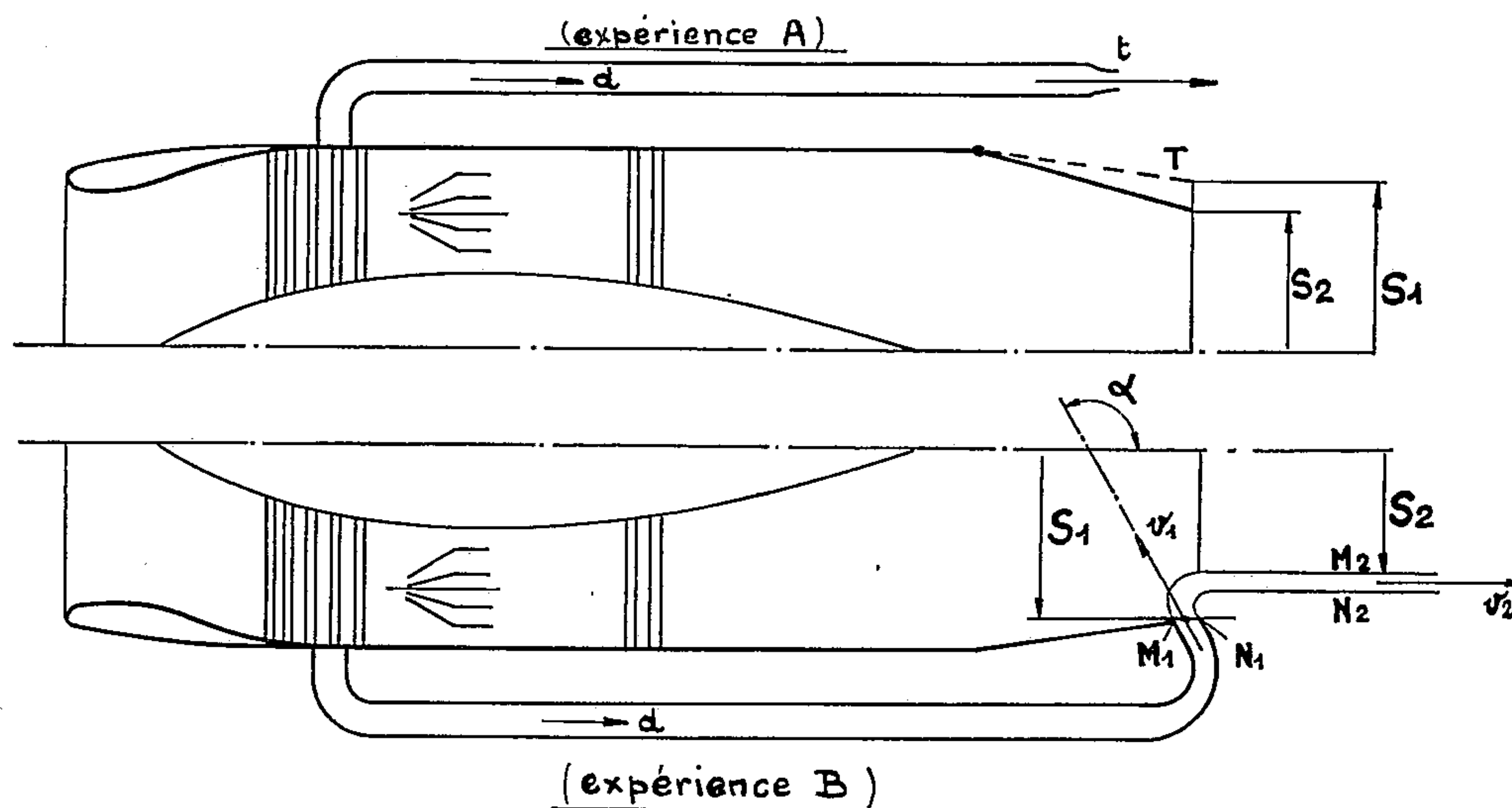
Nous préciserons dans de prochains comptes rendus les résultats du calcul, ceux de l'expérience et leur comparaison.

AÉROTECHNIQUE. — *Contrôle par jet transversal de la section d'éjection des tuyères à réaction.* Note de MM. **François Maunoury**, **Marcel Kadosch** et **Jean Bertin**. présentée par M. Maurice Roy.

Pour adapter les réacteurs d'aviation aux divers fonctionnements, en particulier dans l'utilisation de la rechauffe, la tuyère d'éjection à section variable s'est largement répandue, sa section de sortie pouvant varier du simple au double.

Nous allons exposer diverses formules simples appliquées à ce problème, dont la vérification expérimentale a été obtenue au cours de la mise au point du procédé étudié dès 1950 par la Société d'Étude et de Construction de moteurs d'aviation et adopté récemment sur une série de réacteurs construits par cette Société.

Le procédé utilisé consiste à diriger sur le flux à contrôler un jet auxiliaire de gaz, à pression totale supérieure à la pression statique de l'écoulement, le jet auxiliaire abordant ledit écoulement sous une incidence appropriée. Dans l'application ici envisagée, le jet auxiliaire provient d'un prélèvement effectué en amont sur le flux principal, en général à partir du compresseur ou des chambres de combustion ; mais cela n'est nullement une nécessité et l'on peut dans certains cas utiliser un générateur séparé.



Considérons un réacteur sur lequel un débit-masse réduit d a été prélevé, le débit principal résiduel D étant évacué par la tuyère d'éjection T (*fig.* 1).

Dans une expérience A, le débit prélevé d est détendu dans une tuyère t et éjecté comme D, tandis que la tuyère T, variable mécaniquement, peut réduire de S_1 à S_2 la section d'éjection de D.

Dans une expérience B, le débit prélevé d est détendu et injecté dans la tuyère T, fixe et de section de sortie S_1, par une fente périphérique de section s_1, avec une inclinaison α sur l'axe de T, les conditions au prélèvement et en amont de l'injection étant les mêmes que dans l'expérience A.

On notera que si, dans cette seconde expérience, la conjonction des flux D et d s'opère en subsonique et si leur mélange, après l'injection du second, ramène celui-ci sans perte sensible d'énergie à une direction parallèle à l'axe de T après détente complète, la variation totale de quantité de mouvement suivant l'axe de T, donc aussi la poussée, reste la même dans les expériences A et B.

Supposons l'écoulement uniforme dans les sections d'indices 1 et 2, et notons p_2 la pression, admise constante le long de la ligne de jet $N_1 N_2$. Par application du théorème des quantités de mouvement et en fonction des nombres de Mach M_1 et M_2, on obtient : — pour expression du coefficient de striction

$$\sigma = \frac{S_2}{S_1} = \frac{M_1}{M_2} \left(\frac{1 + \frac{k-1}{2} M_2^2}{1 + \frac{k-1}{2} M_1^2} \right)^{\frac{k+1}{2(k-1)}}$$

— pour la quantité de mouvement finale de la veine principale :

$$\frac{DV_2}{S_1 p_2} = k M_2^2 \sigma$$

— et pour la variation de quantité de mouvement du jet auxiliaire entre $M_1 N_1$ et $M_2 N_2$ selon la formule due à MM. L. Bauger et P. Gélin :

$$\frac{dv_2 - \cos\alpha\,(s_1 p'_1 + dv_1)}{S_1 p_2} = (1 + k M_1^2) \left(\frac{1 + \frac{k-1}{2} M_2^2}{1 + \frac{k-1}{2} M_1^2} \right)^{\frac{k}{k-1}} - (1 + k M_2^2 \sigma)$$

en désignant par p'_1 la pression moyenne du jet auxiliaire en $M_1 N_1$, et par v_1, v_2, les vitesses moyennes du même jet en $M_1 N_1$ et $M_2 N_2$ respectivement.

Le minimum théorique de σ correspond à $\alpha = 180$ degrés. Mais, comme il peut être pressenti, l'expérience montre que le jet auxiliaire ainsi injecté tangentiellement et à contre-courant se perd en partie dans la couche limite vers l'amont avec un mauvais rendement par dissipation d'énergie et que son retournement vers l'aval occasionne une nouvelle et importante dissipation d'énergie. Il résulte d'essais systématiques que, pour une application du genre ci-dessus, le minimum réel de σ correspond à $\alpha = 140°$ environ.

Il doit être signalé que nos expériences ont fourni une excellente vérification des formules ci-dessus. En particulier si pour $\alpha = 90°$, on augmente v_1 et v_2 (par exemple, en élevant la température du flux auxiliaire), le débit de prélèvement d varie, à σ constant, en raison inverse.

ÉLECTROMAGNÉTISME. — *Sur un problème de diffraction.*
Note de M. **Paul Poincelot**, présentée par M. Louis de Broglie.

J'étudie la diffraction d'une onde électromagnétique plane, sinusoïdale, de pulsation ω, par un écran infiniment mince et infiniment conducteur, sous l'incidence normale. L'écran a la forme d'un rectangle dont deux côtés sont indéfiniment allongés et distants de l. Le champ électrique de l'onde est parallèle aux arêtes. Par symétrie, les courants induits dans l'écran sont eux-mêmes parallèles aux arêtes. Je représente leur densité par une série de Fourier

$$(1)\qquad i = \frac{1}{2}D_0 + \sum_{n=-\infty}^{+\infty} D_n e^{inpz} \qquad \left(p = \frac{2\pi}{l}\right),$$

l'axe Oz étant situé dans le plan de l'écran et normal aux arêtes, dont le point O est équidistant. J'écris que le champ électrique total est nul à la surface de l'écran. Entre le champ électrique $\vec{E}$ et le potentiel-vecteur $\vec{A}$ existe la relation

$$(2)\qquad \vec{E} = -\frac{\partial \vec{A}}{\partial t} = -i\omega\vec{A},$$

les charges électriques finies, à distance infinie n'intervenant pas. Par suite, si E_0 désigne le champ électrique de l'onde incidente, nous avons :

$$(3)\qquad A = \frac{i}{\omega}E_0.$$

Afin de rendre les intégrales convergentes, je considère des courants croissant exponentiellement en fonction du temps :

$$(4)\qquad i = I_0 e^{i(\omega - i\beta)t} \qquad (\beta \text{ réel} > 0).$$

Dans la suite, je fais tendre β vers zéro. Si je considère une nappe de courants de densité :

$$(5)\qquad i = I e^{i\alpha z},$$

je trouve l'expression du potentiel-vecteur correspondant

$$(6)\qquad A(z) = -\frac{2\pi i}{k} I \frac{e^{i\alpha z}}{\sqrt{1-\frac{\alpha^2}{k^2}}}, \qquad \text{avec } k = \frac{2\pi}{\lambda},$$

le radical étant réel pour $|\alpha/k| < 1$, à condition de contourner le point $+k$ dans le sens négatif et le point $-k$ dans le sens positif. J'exprime maintenant que la relation (4) n'est valable que de $z = -(l/2)$ à $z = +(l/2)$. Elle peut être

représentée par une intégrale de Fourier

$$(7)\qquad i=\frac{1}{\pi}\sum_{n=-\infty}^{+\infty}(-1)^n\mathcal{D}_n\int_{+\infty}^{-\infty}\frac{\sin\frac{\omega l}{2}}{\omega-np}e^{i\omega z}\,d\omega,$$

Je déduis de (6) et (7) en vertu du principe de superposition :

$$(8)\qquad A(z)=-\frac{2i}{k}\sum_{n=-\infty}^{+\infty}(-1)^n\mathcal{D}_n\int_{(C_1)}\frac{\sin\frac{\omega l}{2}}{\omega-np}\,\frac{e^{i\omega z}}{\sqrt{1-\frac{\alpha^2}{k^2}}}\,d\omega,$$

le contour (C_1) étant celui d'une Note antérieure ([1]). La relation (8) s'écrit :

$$(9)\qquad A(z)=-\frac{1}{k}\sum_{n=-\infty}^{+\infty}(-1)^n\mathcal{D}_n\left\{\int_{(C_1)}\frac{e^{i\omega\left(\frac{l}{2}+z\right)}}{\omega-np}\,\frac{d\omega}{\sqrt{1-\frac{\omega^2}{k^2}}}-\int_{(C_1)}\frac{e^{-i\omega\left(\frac{l}{2}-z\right)}}{\omega-np}\,\frac{d\omega}{\sqrt{1-\frac{\omega^2}{k^2}}}\right\}.$$

Je transforme les deux intégrales de (9) en fermant chaque partie de (C_1) par un arc de cercle le long duquel l'intégrale est nulle, en contournant les points $\pm k$ et en suivant l'axe imaginaire. J'obtiens ainsi la relation

$$(10)\qquad (-1)^n\pi l\,\mathcal{D}_n\left\{\underset{(|n|<N)}{\frac{i}{\sqrt{1-\frac{n^2p^2}{k^2}}}}\quad\text{ou}\quad\underset{(|n|>N)}{-\frac{1}{\sqrt{\frac{n^2p^2}{k^2}-1}}}\right\}$$
$$+\sum_{r=0}^{+\infty}(-1)^r\mathcal{D}_r\left\{4\int_0^{\infty}\frac{1-e^{-ul}}{(u^2+r^2p^2)(u^2+n^2p^2)}\,\frac{u^2\,du}{\sqrt{\frac{u^2}{k^2}+1}}\right.$$
$$\left.+2i\int_{(\gamma_1)}\frac{1-e^{-iul}}{(u^2-r^2p^2)(u^2-n^2p^2)}\,\frac{u^2\,du}{\sqrt{1-\frac{u^2}{k^2}}}\right\}=0\qquad\left(N=\frac{k}{p}=\frac{l}{\lambda}\right)$$

pour $n\neq 0$, et, pour $n=0$:

$$(11)\qquad \frac{\pi il}{k}D_0-\frac{1}{k}\sum_{r=0}^{\infty}(-1)^r\mathcal{D}_r\left\{8\int_0^{\infty}\frac{e^{-ul}-1}{u^2+r^2p^2}\,\frac{du}{\sqrt{1+\frac{u^2}{k^2}}}\right.$$
$$\left.+4i\int_{(\gamma_1)}\frac{e^{-iul}-1}{u^2-r^2p^2}\,\frac{du}{\sqrt{1-\frac{u^2}{k^2}}}\right\}=A_0 l,$$

le contour (γ_1) joignant l'origine au point $+k$, en restant au-dessus de l'axe réel. J'obtiens ainsi, pour déterminer les $\mathcal{D}_n$, un système algébrique infini

---

([1]) *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 513.

analogue à celui que j'ai considéré dans deux Notes antérieures ([2]). De la même manière, je démontre la convergenee du système et le fait que les $\mathcal{O}_n$ tendent vers zéro comme $1/n$.

LAMES MINCES. — *Détermination simultanée des constantes optiques et de l'épaisseur des lames très minces d'argent dans le visible et le proche ultra-violet.* Note (*) de MM. **Roger Philip** et **Jean Trompette**, transmise par M. Jean Cabannes.

Nous avons étudié les propriétés optiques de trois séries de lames d'argent déposées par évaporation thermique, sur un support prismatique de quartz, à la vitesse de projection de 2 mμ/mn. L'un d'entre nous a mesuré les changements de phase apparents à la réflexion côté air Δr et côté support $\Delta r'$ par la méthode décrite par P. Rouard ([1]), tandis que l'autre a mesuré les facteurs de réflexion côté air R, côté support R', et les facteurs de transmission ([2]). Ces mesures ont été faites en incidence normale, deux jours après que les lames aient été sorties de la cloche à vide.

Nous avons employé, pour déterminer simultanément les constantes optiques ν et $\varkappa$ et l'épaisseur, la méthode de Malé ([3]), en partant des valeurs de T, R, R', et Δr. Nous disposions pour cela de courbes théoriques donnant R, R', T, Δr et $\Delta r'$ en fonction de $\delta = (8000\, e\nu/\lambda)$ exprimé en grades pour différentes valeurs de ν et $\varkappa$. Ces courbes ont été calculées pour un support d'indice 1,56.

Pour les lames épaisses ($d > 20$ mμ) et pour le visible nous n'avons pas pu déterminer *simultanément* les indices et l'épaisseur, car, d'une part, la mesure

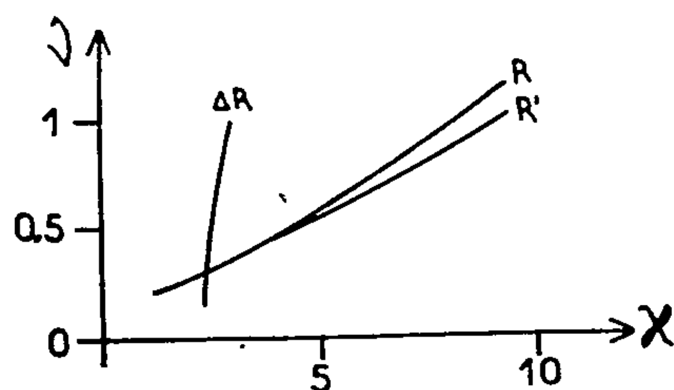


Fig. 1.

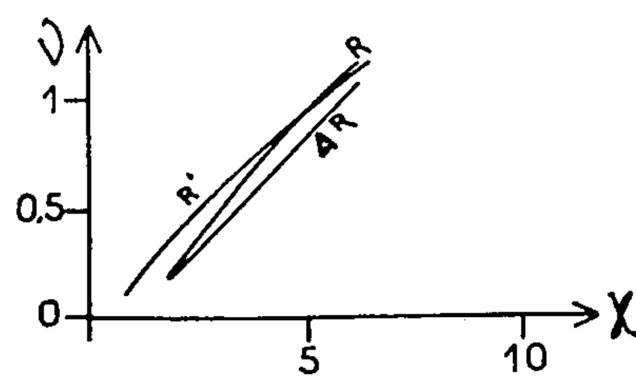


Fig. 2.

Fig. 1. — Détermination des constantes optiques ($\lambda = 4358$ Å et $e_m = 18$ mμ).
Fig. 2. — Détermination des constantes optiques ($\lambda = 4358$ Å et $e_m = 3,9$ mμ).

([2]) *Comptes rendus*, 239, 1954, p. 1472 et 1365.

(*) Séance du 1er août 1955.
([1]) P. Rouard, *Ann. Phys.*, 7, 1937, p. 291.
([2]) J. Trompette, *J. Phys.* (sous presses).
([3]) D. Malé, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 565 et *Ann. Phys.*, 9, 1954, p. 10.

du changement de phase n'est plus possible par la méthode utilisée et d'autre part la relation de Wolter $n_1(1 - T - R) = n_0(1 - T - R')$, est encore vérifiée. Cette détermination simultanée a été possible pour trois longueurs d'onde de l'ultraviolet avec une bonne précision puisque, pour une même lame, les épaisseurs trouvées ne varient pas plus de 1 %. Connaissant l'épaisseur il nous a alors été très facile, avec les seules valeurs de R, R' et T, de déterminer ν et χ dans le visible. Pour les lames très minces, les déterminations sont plus ou moins nettes. La figure 1 donne un exemple de bonne détermination alors que la figure 2 montre un cas d'indétermination. Cette indétermination, est très

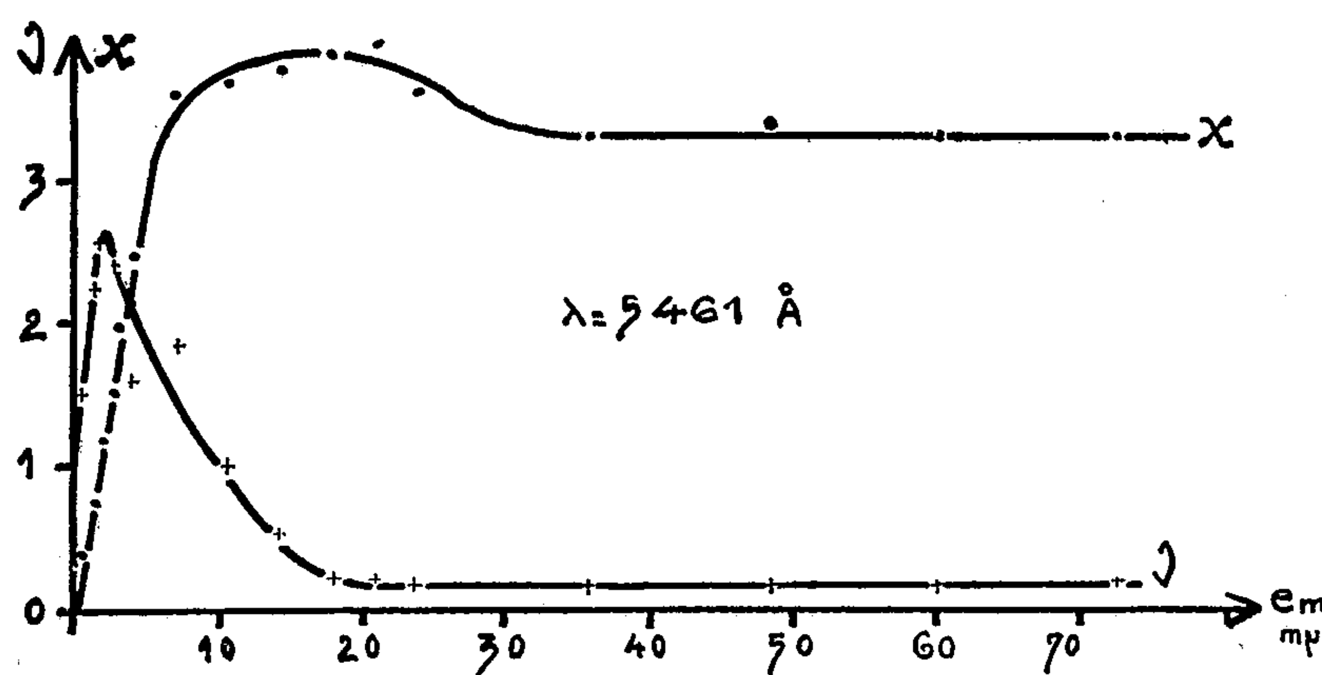


Fig. 3. — Variation de ν et χ en fonction de l'épaisseur massique $\lambda = 5461$ Å.

facile à lever lorsqu'on connaît l'épaisseur de la lame. Pour une même lame nous avons fait la moyenne des épaisseurs les mieux définies. Connaissant cette épaisseur nous avons pu déterminer ν et χ pour toutes les longueurs d'onde,

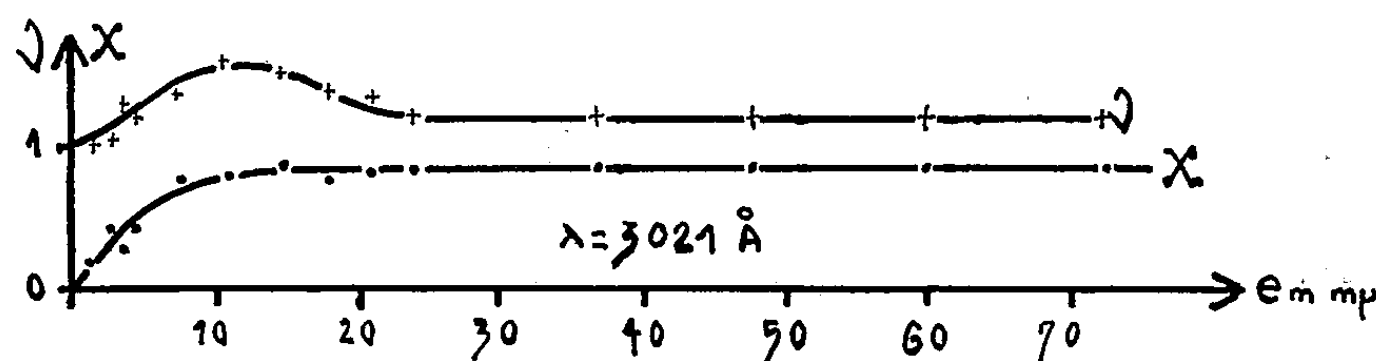


Fig. 4. — Variation de ν et χ en fonction de l'épaisseur massique $\lambda = 3021$ Å.

sauf pour $\lambda = 3261$ Å et $\lambda = 3404$ Å. Les résultats sont donnés dans le tableau ci-après.

On remarque sur les deux courbes que nous donnons (*fig.* 3 et 4) que l'indice de réfraction ν passe par un maximum très marqué pour les grandes longueurs d'onde. L'indice d'extinction χ, faible pour les lames très minces, passe aussi par un maximum, sauf pour $\lambda = 3021$ Å. Ce maximum se situe pour

des épaisseurs plus grandes que le maximum de ν ainsi que l'a établi théoriquement D. Malé ([4]).

On voit que, pour des épaisseurs supérieures à 25 mμ, les constantes optiques ne varient pratiquement plus.

em	e	3021 Å		3261 Å		3404 Å		4358 Å		4800 Å		5086 Å		5461 Å		5780 Å	
(mμ).	(mμ).	ν.	ϰ.	ν.	ϰ.	ν.	ϰ.	ν.	ϰ.	ν.	ϰ.	ν.	ϰ.	ν.	ϰ.	ν.	ϰ.
0,65	4,3...	1,0	0,2	-	-	-	-	1,05	0,8	-	-	1,5	0,55	1,5	0,4	1,45	0,3
1,30	5,7...	-	-	-	-	-	-	1,5	1,2	1,55	1,0	2,2	1,0	2,25	0,73	2,2	0,6
1,95	6,3...	1,1	0,42	-	-	-	-	1,4	1,5	1,9	1,6	2,4	1,4	2,6	1,2	2,7	1,0
2,60	7,9...	1,04	0,44	-	-	-	-	1,2	1,55	1,75	1,75	2,0	1,8	2,4	1,5	2,7	1,3
3,25	9,1...	1,3	0,3	-	-	-	-	1,1	1,6	1,5	1,8	1,75	2,0	2,0	2,0	2,6	1,6
3,90	10,1...	1,2	0,4	-	-	-	-	1,1	1,5	1,4	1,9	1,65	2,0	1,6	2,3	2,0	2,2
7,2	9,94..	1,3	0,75	-	-	0,45	1,3	0,75	3,0	1,2	3,2	1,4	3,5	1,8	3,6	2,3	3,8
10,8	12,8...	1,6	0,75	-	-	0,4	1,2	0,5	2,6	0,6	3,2	0,8	3,5	1,0	3,7	1,05	3,9
14,4	17,1...	1,5	0,8	-	-	0,35	1,2	0,34	2,4	0,38	2,9	0,38	3,3	0,46	3,8	0,53	3,8
18,0	20,4...	1,35	0,75	-	-	0,35	1,1	0,18	2,2	0,24	2,6	0,18	2,8	c,22	3,9	0,24	3,2
21,6	23,5...	1,30	0,8	-	-	0,25	1,2	0,14	2,3	0,12	2,55	0,12	2,45	0,18	3,9	0,18	3,7
24,1	25,3...	1,2	0,8	0,7	0,4	0,18	0,9	0,18	2,35	0,16	2,7	0,16	3,0	0,17	3,6	0,18	3,8
36,2	37,1...	1,13	0,8	0,5	0,5	0,29	1,0	0,13	2,5	0,11	2,6	0,10	2,7	0,13	3,3	0,21	3,7
48,2	49,1...	1,2	0,8	0,5	0,5	0,25	1,0	0,13	2,5	0,12	2,5	0,11	2,7	0,14	3,4	0,18	3,7
60,2	61,5...	1,25	0,8	0,5	0,5	0,24	1,2	0,11	2,3	0,11	2,5	0,11	2,7	0,14	3,3	0,17	3,65
72,2	73,2...	1,20	0,8	0,5	0,5	0,22	1,0	0,11	2,3	0,11	2,5	0,11	2,7	0,14	3,3	0,18	3,7

e, épaisseur réelle de la la lame; e_m, épaisseur « massique » déduite du poids de lame.

SPECTROSCOPIE. — *Spectre d'absorption de l'iodure cuivreux aux très basses températures*. Note de M. **Serge Nikitine**, M[me] **Lucienne Couture**, MM. **Guy Perny** et **René Reiss**, présentée par M. Jean Cabannes.

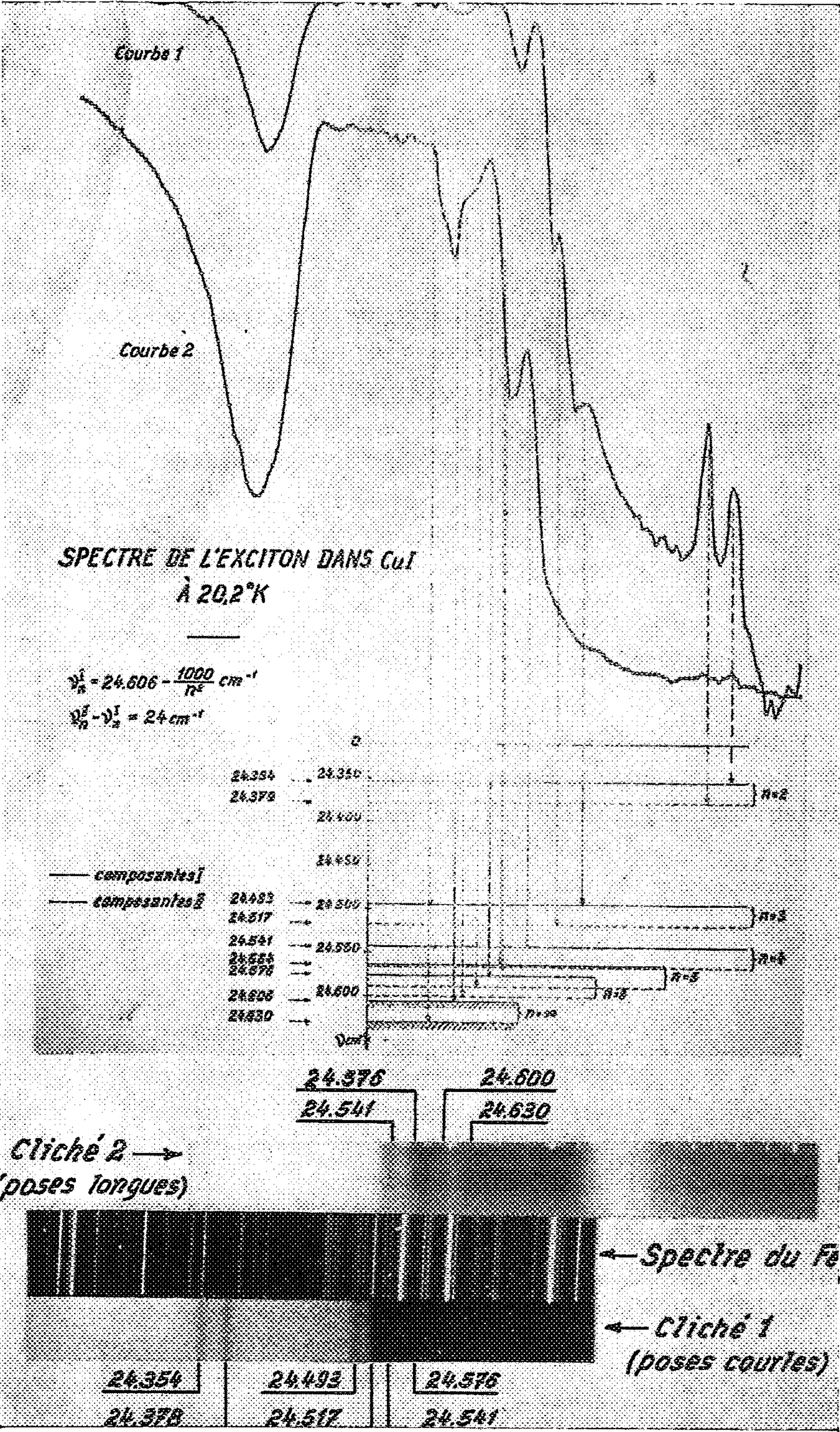
Des lames minces de CuI permettent d'observer aux basses températures un spectre « hydrogénoïde » de doublets. Les composantes des doublets sont des raies d'absorption très fines. L'écartement des doublets est constant. Ce spectre de raies est attribué à la formation d'excitons dans le cristal.

Nous avons préparé des lames minces d'iodure cuivreux par action de l'acide iodhydrique sur du cuivre électrolytique, puis fusion sur une lame de verre. Ces lames étaient suffisamment minces pour permettre l'observation d'un spectre de raies discrètes d'absorption, aux températures de l'hydrogène et de l'hélium liquides.

Ce spectre est composé d'un grand nombre de raies d'intensités différentes, ce qui a nécessité l'emploi de plusieurs temps de pose pour pouvoir obtenir le spectre complet; les courbes densitométriques et clichés 1 et 2 correspondent respectivement aux poses courtes et aux poses longues.

Les longueurs d'onde des raies ont pu être déterminées avec une erreur absolue $\Delta\lambda \leqq 0{,}5$ Å, soit $\Delta\nu \leqq 3$ cm^{-1}, grâce à la bonne dispersion du spectro-

([4]) *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 286.



Courbe 1
Courbe 2
SPECTRE DE L'EXCITON DANS CuI
À 20,2°K
$\nu_n^I = 24.606 - \frac{1000}{n^2}\ cm^{-1}$
$\nu_n^{II} - \nu_n^I = 24\ cm^{-1}$
composantes I
composantes II
24.354
24.379
24.483
24.517
24.541
24.566
24.576
24.606
24.630
24.350
24.400
24.450
24.500
24.550
24.600
n=2
n=3
n=4
n=5
n=6
24.376
24.541
24.600
24.630
Cliché 2 →
(poses longues)
← Spectre du Fe
← Cliché 1
(poses courtes)
24.354
24.378
24.493
24.517
24.576
24.541

graphe dans le domaine spectral étudié. Nous avons obtenu les valeurs suivantes à la température de l'hydrogène liquide.

— Courbe et cliché 1 : $\lambda = 4106$; 4102; 4083; 4079; 4075 Å.

— Courbe et cliché 2 : $\lambda = 4075$; 4069; 4064 Å.

Nous n'avons pas observé de différence notable entre ces derniers spectres et ceux obtenus à la température de l'hélium liquide.

En supposant qu'une raie de longueur d'onde $\lambda = 4071$ Å s'intercale entre les raies $\lambda = 4075$ Å et $\lambda = 4069$ Å (*Voir* courbe 2), on est tenté d'admettre que le spectre d'absorption se compose de doublets d'écartements constants; l'intensité de la composante de plus grande longueur d'onde est la plus faible. Nous désignerons respectivement par ν_n^{I} et ν_n^{II} les nombres d'onde des composantes des doublets de nombre quantique n.

Les composantes ν_n^{I} peuvent être représentées par la formule hydrogénoïde suivante :

$$\nu_n^{\mathrm{I}} = 24\,606 - \frac{1000}{n^2}\,(\mathrm{cm}^{-1}) \qquad n = ,2,\ 3,\ 4,\ \ldots$$

Cette formule reproduit avec une précision supérieure à 1,5 cm^{-1} les valeurs observées des nombres d'onde des raies.

Les composantes ν_n^{II}, d'intensité plus forte, se déduisent des composantes ν_n^{I} par la formule : $\nu_n^{\mathrm{II}} = \nu_n^{\mathrm{I}} + 24\ \mathrm{cm}^{-1}$.

Les doublets correspondant aux nombres quantiques $n = 2$, $n = 3$ et $n = 4$ sont bien visibles sur la figure. A partir de $n = 5$, les raies I et II s'enchevêtrent fortement et forment un spectre non résolu qui s'étend sur un intervalle d'environ 45 cm^{-1}.

Les limites de série calculées à partir des formules précédentes, soit $\nu_\infty^{\mathrm{I}} = 24\,606\ \mathrm{cm}^{-1}$ et $\nu_\infty^{\mathrm{II}} = 24\,630\ \mathrm{cm}^{-1}$ correspondent bien à des accidents caractéristiques de la courbe 2.

Il est probable que ces raies sont dues à la formation d'excitons. L'origine de la structure de doublets n'est toutefois pas claire.

Notons que le minimum d'absorption au delà des deux limites de série, se trouve à 24 703 cm^{-1}, soit à 177 cm^{-1} de la première limite de série ν_∞^{I}. Cette valeur est à rapprocher du nombre d'onde de la vibration infrarouge du cristal qui est 172 cm^{-1}.

OPTIQUE ATOMIQUE. — *Réflexion sélective sur la vapeur de cadmium.* Note (*) de Mme **Marthe Spitzer**, présentée par M. Francis Perrin.

Le phénomène de la réflexion sélective a été découvert en 1909 par R. W. Wood [1] sur la vapeur de mercure et la raie de résonance 2 537 Å.

(*) Séance du 11 juillet 1955.

(1) *Phil. Mag.*, 18, 1909, p. 187; 23, 1912, p. 689.

Il consiste en une augmentation notable du pouvoir réflecteur d'une surface verre-vapeur quand la pression de la vapeur est augmentée et cela uniquement pour les longueurs d'onde correspondant aux radiations de résonance. Depuis la découverte de Wood, ce phénomène a été l'objet de nombreuses études dont la plus récente et la plus intéressante a été celle qui a fait l'objet de la thèse de Jean-Louis Cojan (2). Toutefois les difficultés de réalisation expérimentales ont fait que jusqu'à présent la vapeur de mercure seule a été étudiée, le verre étant naturellement de la silice pure fondue. Nous nous sommes proposés de reprendre l'étude avec un autre corps. Les métaux alcalins devant être exclus à cause de leur activité chimique sur les parois à la température nécessaire pour obtenir la tension de vapeur exigée, nous avons essayé avec le cadmium qui, après le mercure, se trouve être un des métaux les plus volatils. Il présente d'ailleurs l'avantage de posséder dans le domaine facilement accessible de son spectre deux raies de résonance, l'une la raie d'intercombinaison singulet-triplet 3 261 Å, l'analogue de la raie 2 537 Å du mercure et l'autre la raie de résonance vraie singulet-singulet 2 288 Å, l'analogue de la raie 1849 Å du mercure qui n'a jamais pu être étudiée.

Un tube de silice fondue contenant seulement un peu de cadmium, possède une face légèrement prismatique et un appendice qui, maintenu à une température inférieure au reste du tube, permettra le contrôle de la pression de vapeur. Par l'intermédiaire d'un achromat, l'image d'une fente de 5/10e de millimètre placée devant une lampe spectrale Philips à vapeur de cadmium dont l'enveloppe de verre ordinaire a été enlevée, est projetée à l'aide d'un miroir aluminé sur la face prismatique du tube à cadmium. Un diaphragme allongé dans la direction de la fente et assez étroit (2 mm) délimite un faisceau aplati. Ce faisceau se réfléchit avec une incidence presque normale sur chacune des deux surfaces de la face prismatique et les deux faisceaux réfléchis sont séparés. Le faisceau réfléchi sur la face intérieure est seul à pénétrer dans un spectrographe sans fente matérielle. C'est l'image de la fente placée devant la lampe qui constitue en réalité la fente du spectrographe. Une plaque photographique recueille le spectre des diverses radiations réfléchies. Une première pose est faite quand le tube est froid, une deuxième quand le tube est chauffé, une troisième quand le tube est refroidi. On doit trouver pour les raies de résonance, une exaltation du pouvoir réflecteur quand le tube contient de la vapeur à une densité suffisante.

Tant que le tube est chauffé à une température n'atteignant pas 630° ($p = 120$ mm) les trois spectres sont sensiblement identiques et l'on ne peut déceler un effet dans les conditions expérimentales réalisées. A partir

(2) *Ann. Phys.*, 9, 1954, p. 385.

de cette température, la température ayant été poussée jusqu'à 765° (p = 700 mm), on observe pour la raie 2 288 Å, une intensité plus grande si le tube est chaud que si le tube reste froid. La différence augmente avec la température mettant ainsi en évidence le phénomène de la réflexion sélective de la radiation 2 288 Å sur la vapeur de cadmium à pression suffisante.

Par contre la lumière, provenant de l'émission thermique des parois des fours et sortant du diaphragme assez ouvert par où passent les faisceaux incidents et réfléchis sur le tube à cadmium, vient faire une tache de plus en plus étendue sur la partie du spectre qui avoisine la raie 3 261 Å. C'est ainsi qu'avec le montage actuel on ne peut pas conclure que la réflexion sélective pour la raie 3 261 Å se manifeste aux températures où se manifeste celle de la raie 2 288 Å. Il semblerait toutefois que, toutes conditions étant égales, elle ne se manifeste qu'à des températures supérieures.

L'achromat de projection de même que ceux du spectrographe ont été réalisés simplement avec des cuves à eau dont les faces sont des ménisques convergents de quartz cristallin convenablement calculés.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Hydrazides de la série phénoxyacétique et dérivés.* — Note de MM. **Evanguélos Baltazzi** et **Roger Delavigne**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

Dérivés de condensation de l'hydrazide phénoxyacétique avec divers aldéhydes et cétones. Formation de la NN'-diphénoxyacétylhydrazine à partir de l'hydrazide phénoxyacétique en milieu acétique.

Dans une Note précédente (1), l'un de nous a décrit l'hydrazide de l'acide phénoxyacétique, obtenu par action, à froid, de l'hydrate d'hydrazine sur l'ester correspondant. Nous avons pensé pouvoir étudier ce corps, de même que certains de ses dérivés substitués sur le noyau et dans lesquels l'oxygène de la fonction éther-oxyde serait remplacé par un autre groupement. Ils pourraient, en effet, présenter un certain intérêt au point de vue de l'activité biologique et comme réactifs possibles des aldéhydes et éventuellement, des cétones.

Préparation de l'hydrazide phénoxyacétique. — On mélange, en agitant, à froid, 11 g (10 cm^3) de phénoxyacétate d'éthyle avec le même volume d'hydrate d'hydrazine à 98 % ; bientôt, le liquide devient homogène et l'hydrazide cristallise. On laisse reposer quelques heures, on essore, lave à l'eau glacée, puis à l'éther. L'hydrazide ainsi obtenu est pratiquement pur. F 113° (Rdt 9,6 g ; 95 %).

La condensation de l'hydrazide phénoxyacétique avec les aldéhydes se fait dans une quantité minima d'acide acétique aqueux (à 50 % environ) à froid,

(1) E. Baltazzi, *Comptes rendus*, 241, 1955, p. 321.

ou avec un court chauffage vers 60-70° destiné à rendre la solution homogène; on laisse pendant 1 h à la température ambiante puis pendant 2 ou 3 h à 0°. En général, il y a formation de cristaux; dans le cas contraire, on verse dans l'eau et l'on isole le dérivé ainsi obtenu. Devant la facilité avec laquelle l'hydrazide phénoxyacétique réagit avec les aldéhydes, nous avons pensé l'utiliser comme réactif des cétones, bien que les hydrazides soient connus pour réagir d'une façon assez irrégulière avec celles-ci ([2]). Effectivement, nous avons constaté que certaines cétones réactives (cyclanones, cétones aromatiques ou celles qui, comme la benzylydène-acétone, contiennent une double liaison conjugée au noyau) réagissent normalement avec l'hydrazide phénoxyacétique. Par contre, les cétones aliphatiques (par exemple acétone, méthylpropylcétone, diisopropylcétone, méthylnonylcétone) ou arylaliphatiques, du type méthylbenzylcétone, ne réagissent pas. Le tableau donne la liste et les constantes des dérivés obtenus.

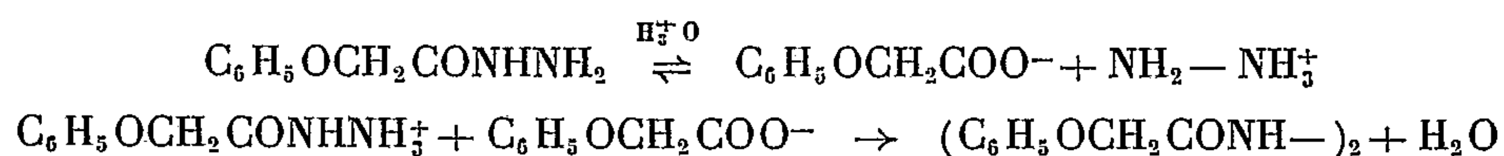
Aldéhydes.	F et solvant de cristallisation.	N %. calculé pour		trouvé
Benzoïque	155° (*b*)	$C_{15}H_{14}O_2N_2$:	11,0	11,0
Cuminique	125 (*b*)	$C_{18}H_{20}O_2N_2$:	9,5	9,4
Anisique	131 (*a*)	$C_{16}H_{16}O_3N_2$:	10,0	9,9
Salicylique	169 (*b*)	$C_{15}H_{14}O_3N_2$:	10,4	10,5
o-Vanilline	147 (*a*)	$C_{16}H_{16}O_4N_2$:	9,3	9,2
Cinnamique	167 (*b*)	$C_{17}H_{16}O_2N_2$:	10,0	10,0
Pipéronal	194 (*b*)	$C_{16}H_{14}O_4N_2$:	9,4	9,3
Propionique	91 (*a*)	$C_{11}H_{14}O_2N_2$:	13,5	13,3
Isobutyrique	120 (*a*)	$C_{12}H_{16}O_2N_2$:	12,7	12,7
Furfural	133 (*b*)	$C_{13}H_{12}O_3N_2$:	11,5	11,4
Cétones.				
Cyclopentanone	131 (*a*)	$C_{13}H_{16}O_2N_2$:	12,1	12,0
Cyclohexanone	120 (*b*)	$C_{14}H_{18}O_2N_2$:	11,4	11,5
Acétophénone	165 (*b*)	$C_{16}H_{16}O_2N_2$:	10,4	10,4
Benzophénone	117 (*b*)	$C_{21}H_{18}O_2N_2$:	8,5	8,5
α-Hydrindone	162 (*b*)	$C_{17}H_{16}O_2N_2$:	10,0	10,0
Benzylidène-acétone	170 (*b*)	$C_{18}H_{18}O_2N_2$:	9,5	9,6
γ-Acétylpyridine (*)	167 (*b*)	$C_{15}H_{15}O_2N_3$:	15,6	15,4

(*a*) Éthanol aqueux.
(*b*) Éthanol.
(*) Précipitée de la solution acétique par de l'ammoniaque.

Dans le cas où l'hydrazide phénoxyacétique ne réagit pas avec la cétone en présence, particulièrement quand on cherche à forcer la réaction par chauffage de la solution hydroacétique, on isole un corps, F 164° (dioxan; pour $C_{16}H_{16}O_4N_2$, calculé % C 64,0; H 5,3; N 9,3, trouvé % C 64,0; H 5,3;

([2]) *Cf.* Grignard, Dupont et Locquin, *Traité de Chimie Organique*, Masson et Cie, Paris, 15, 1948, p. 491.

N 9,3 %) dont la formule correspond à celle de la diphénoxyacétylhydrazine symétrique. Cette structure a été confirmée par deux tests ([3]), à savoir, la formation de salicylaldazine (après hydrolyse avec de la soude normale) et la non condensation avec le salicylaldéhyde. La N N′ diphénoxyacétylhydrazine est peu soluble dans le milieu réactionnel hydroacétique et se sépare en cours de réaction. Le mécanisme de sa formation serait probablement le suivant :



$$C_6H_5OCH_2CONHNH_2 \overset{H_3^+O}{\rightleftharpoons} C_6H_5OCH_2COO^- + NH_2-NH_3^+$$

$$C_6H_5OCH_2CONHNH_3^+ + C_6H_5OCH_2COO^- \rightarrow (C_6H_5OCH_2CONH-)_2 + H_2O$$

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur le redressement du « crochet » des plantules de* Cuscuta. Note de M[me] **Josette Tronchet**, présentée par M. Raoul Combes.

Lorsque la partie distale repliée (ou « crochet ») des plantules de *Cuscuta gronovii* Willd se redresse, le *pourcentage d'accroissement journalier de la seule zone de croissance* est au moins égal à 100 %, c'est-à-dire que cette seule zone de croissance a au moins doublé de longueur en 24 heures.

On peut distinguer dans une plantule jeune de *Cuscuta*, au-delà d'une zone proximale incolore plus ou moins épaisse, une zone distale teintée de vert, au moins dans nos conditions de culture (sable mouillé d'eau distillée, atmosphère saturée d'humidité). D'abord repliée et rabattue, cette zone distale constitue le « crochet », limité inférieurement par ce que nous appelons la « cambrure » ([1]). Au début, la zone proximale s'allonge alors que le crochet diminue de longueur et enfin se déploie. Ce redressement marque un stade important de la vie de la plantule correspondant au début des nutations actives ([2]) et nous avons cherché à préciser certaines des conditions qui le déterminent.

Le facteur *temps* a le premier attiré notre attention, mais nous avons dû rapidement reconnaître que si chez *C. gronovii* le crochet se déroule très souvent le 4[e] ou le 5[e] jour après le début de la germination, ce fait peut également se produire du 3[e] au 8[e] jour dans les conditions normales. L'âge réel paraissant ne pas être en cause, nous avons cherché si *l'âge physiologique* de la plantule, défini dans ce cas par la longueur atteinte, pouvait être tenu pour responsable du redressement du crochet. Or, la longueur totale de la plantule au stade considéré varie pour *C. gronovii* de 70 à 110 mm. De même, il ne paraît exister aucun rapport défini entre la longueur totale au moment du déploiement et la longueur maximale à laquelle atteindra la plantule, la valeur

---

([3]) *cf.* Feigl, « *Spot tests* », Elsevier Publishing Cy, N. York, 1954, p. 216 et suivantes.

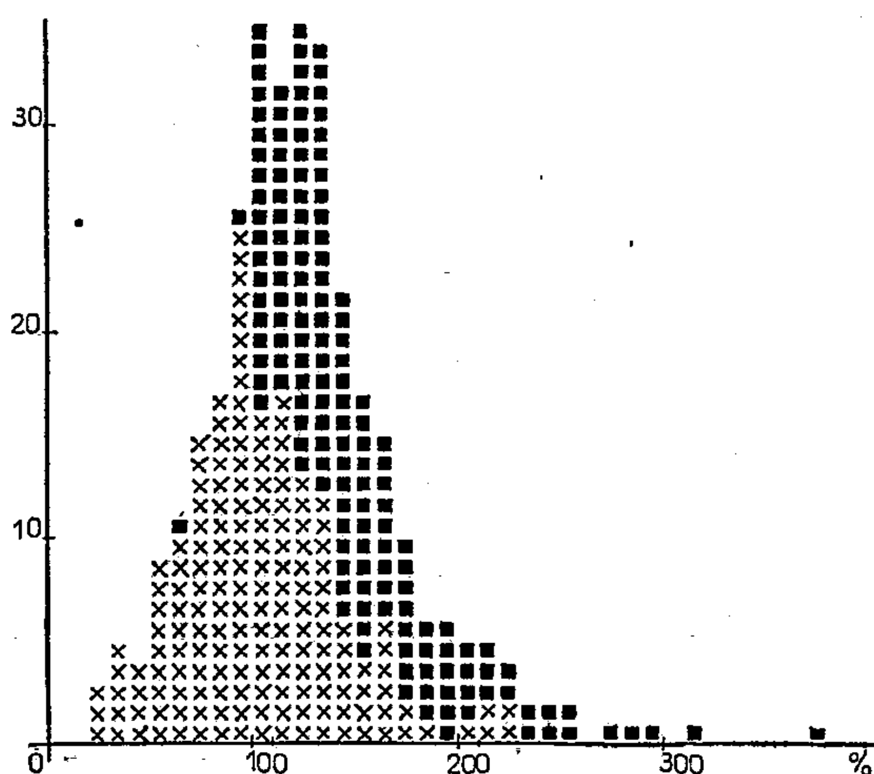
([1]) *Ann. Sci. Univ. Besançon*, Bot. fasc. 6, 1955.

([2]) Zietz, *Biol. Zbl. Dtsch.*, 73, n° 3-4, 1954.

de ce rapport variant de 32 à 89 %. C'est dire que, dans nos conditions de culture, pour des plantules dont la croissance se traduit par des courbes sigmoïdes semblables (3) le déploiement se produit à des moments différents, donc s'inscrit sur les courbes à des niveaux variant d'une plantule à l'autre, la limite supérieure étant située juste avant la plus grande croissance ou exceptionnellement aussitôt après.

Champagnat (4) a montré que pour des végétaux ligneux, certains bourgeons axillaires échappent à l'inhibition apicale lorsqu'un certain seuil de vitesse de croissance est dépassé (pour *Betula* par exemple, 8 mm par jour). Rien de semblable chez les plantules de Cuscute où le déroulement se produit pour des croissances journalières très différentes (pour *C. gronovii* de 11 à 46 mm) et même pas nécessairement pour les plus fortes croissances.

Mais dans une plantule de Cuscute qui, par exemple, passe en un jour de 68 à 92 mm, cette croissance de 24 mm est en fait localisée dans une zone de 20 mm (5) et le déploiement du crochet paraît déclenché par l'élongation



En abscisses, les pourcentages d'accroissement journalier en %, en ordonnées, le nombre de cas observés. Les pourcentages inactifs sont figurés par une croix, ceux qui correspondent à un déroulement du crochet par un carré plein.

rapide de cette zone. Nous avons calculé dans de très nombreux cas, le *pourcentage d'accroissement journalier de la seule zone de croissance* (rapport de la croissance journalière $l_{n+1} - l_n$ à la longueur initiale l_n de cette zone rapportée à 100), pourcentage qui dans l'exemple ci-dessus est de :

$$\frac{(l_{n+1} - l_n) \times 100}{l_n} = \frac{24 \times 100}{20}$$

(3) Mme J. Tronchet, *Comptes rendus*, 240, 1955, p. 1259.
(4) *Ann. Biol. Fr.*, 26. 1950, n° 12, coll. intern. morph., Strasbourg 1949.
(5) Mme J. Tronchet, *Ann. Sci. Univ. Besançon*, 1955, Bot. fasc. 6.

soit 120 %. Nous avons pu établir que lorsque le crochet se déroule, ce pourcentage est supérieur à 100 %, c'est-à-dire l'élongation est telle que la *seule zone de croissance double au moins de longueur en 24 heures*. Dans la figure, les pourcentages d'accroissement sont représentés par une croix lorsqu'ils ont été inactifs et par un carré plein lorsqu'il y a eu déploiement. Il n'y a pratiquement pas de déploiement pour des pourcentages inférieurs à 100 % (2 cas sur 326), cependant des *pourcentages supérieurs n'entrainent pas nécessairement le redressement*.

Cette règle paraît valable dans nos conditions de culture quelle que soit l'espèce de *Cuscuta* considérée, qu'elle atteigne une longueur maximale de 230 mm (*C. gronovii*) ou seulement 90 mm (*C. epilinum*). En ralentissant la croissance par des moyens sur lesquels nous reviendrons ultérieurement, nous avons pu *chez C. gronovii retarder le déploiement du crochet jusqu'au* 9e *et même dans un cas jusqu'au* 15e *jour*. Cependant, il arrive un moment où une croissance même réduite correspond à un pourcentage d'accroissement journalier supérieur à 100 % du fait de la diminution progressive de la zone d'élongation qui est alors elle-même réduite à quelques millimètres, la cambrure qui la limite inférieurement se déplaçant en direction basifuge. Le temps joue ainsi en faveur du déploiement du crochet et un accroissement donné, inactif au jour n peut devenir efficace au jour $n + 1$.

PHYSIOLOGIE. — *Température d'adaptation et consommation d'oxygène chez le Rat blanc*. Note de M. S. **Gelineo**, présentée par M. André Mayer.

Nous avons relaté dans un travail antérieur [1] que les oxydations se déroulent plus rapidement chez le Rat qui a séjourné un temps prolongé à une température relativement basse. Inversement, l'intensité métabolique est réduite chez le Rat séjournant pendant plusieurs semaines à une température voisine de la neutralité thermique (30° C). Le même comportement s'observe aussi au cours de la croissance : des rats âgés de trois mois qui vivent depuis leur naissance à 29°-32° C, produisent à cette température 614 Calories/m²/24 h. Leur calorification mesurée à 2° C se chiffre à 1657 Calories/m²/24 h. Des Rats de même âge, mais élevés à 0°-10° C produisent à 30° C 904 Calories/m²/24 h et 2138 Calories/m²/24 h à 2° C. Quand on poursuit ces expériences au cours de la croissance ultérieure, les mêmes différences persistent.

Il résulte de ces nombres que la température du milieu d'adaptation se répercute sur la calorification basale et celle de la thermogenèse de réchauffement pendant toute la durée de la croissance.

---

(1) S. Gelineo, *Sur l'adaptation de la thermogenèse au milieu thermique*, Acad. roy. serbe, Belgrade, 1933 (en serbe) *Ann. Physiol.*, 10, 1934, p. 1083-1115.

TABLEAU I.

Production de chaleur à + 2° C chez le Rat en cours de croissance élevé à trois températures différentes.

Température à laquelle séjournent les animaux.	Calories produites par m² et 24 heures à + 2° C au cours de la croissance.						
	6 semaines.	2 mois.	3 mois.	4 mois.	5 mois.	7 mois.	9 mois.
29-32° C.........	2115	1959	1657	1778	1648	1537	1550
16-24° C.........	-	1980	1702	1854	-	1960	1885
0-2° C..........	2589	2500	-	2049	2292	2223	2061

Ce résultat est en contradiction avec les observations de Bargeton et coll. ([2]) qui constatent que l'adaptation au froid provoque chez le Rat âgé de 3 mois une augmentation du métabolisme de base par rapport au Rat élevé en milieu chaud mais réduit la calorification mesurée à 10° C chez les animaux adaptés au froid par rapport à ceux adaptés au chaud. Les résultats de Bargeton indiquent un double effet de l'adaptation au froid au cours de la croissance : 1° augmentation de la dépense de fond; 2° diminution de la déperdition calorique aux températures inférieures à la neutralité thermique.

Nous avons repris nos expériences pour nous trouver dans des conditions expérimentales comparables à celles de Bargeton : deux femelles vivant depuis des mois à 26-28° C mettent bas le 6 février; deux autres séjournant à 10-12° C mettent bas le même jour. Les ratons des deux jetées sont élevés aux deux températures auxquelles sont adaptées les mères. Agés de 3 mois, on les soumet à l'expérience. On mesure leurs échanges à 30°,5 et à 3° C; ces mesures sont effectuées sur 2 lots de 7 ratons mâles.

Les mesures sont faites le matin sur des animaux qui jeûnent depuis 16 heures environ. Aucun des rats n'a présenté d'hypothermie en fin d'expérience après une mesure d'une durée de une heure.

TABLEAU II.

Consommation d'oxygène à 30° et 3° C de deux lots de ratons âgés de 3 mois élevés à deux températures différentes.

Température à laquelle séjournent les animaux.	Poids des animaux (g).	Consommation d'oxygène (cm³/k/h).	
		à 30° C	à 3° C
26°-28° C	165-185	1147	3260
10°-15° C	150-185	1544	3838

La consommation d'oxygène est plus forte de 34 % à 31° chez les animaux élevés à basse température. A 3° C, l'augmentation n'est que de 17 %. Ces

([2]) D. BARGETON, M. EON, C. KRUMM-HELLER, C. LIBERMANN et J. MASSON, *J. Physiol.*, 46, 1954, p. 234-236, 485, 860.

résultats confirment les données de W. Cottle et L. D. Carlson ([3]) et celles de H. Krog, M. Manson et L. Irving ([4]). Ils ne se superposent pas à ceux de Bargeton ni à ceux que nous venons de publier ailleurs ([5]). Le résultat observé par Bargeton et par nous-même ne s'observe qu'aux mois de mars et avril. Dès le mois de mai (expériences relatées au tableau n° 2) le séjour au froid provoque une élévation du métabolisme de base et une intensification de la thermogenèse de réchauffement.

Conclusion. — Le Rat né et élevé dans un milieu thermique froid présente une augmentation de son métabolisme de base et de sa calorification de la thermogenèse de réchauffement par rapport au Rat né et élevé à la neutralité thermique. Cette observation est valable pendant dix mois de l'année. Au printemps (mars-avril) la thermogenèse de réchauffement ne présente pas cette augmentation caractéristique.

ÉCONOMIE RURALE. — *Évaluation du champ visuel binoculaire des Bovins domestiques* (Bos taurus *L.*). Note (*) de M. **Clément Bressou**, présentée par M. Gaston Ramon.

La vision binoculaire antérieure des Bovins commence à la limite nasale du chanfrein; elle mesure un angle de 78° environ. La vision binoculaire postérieure est inexistante.

La mesure du champ visuel binoculaire des Bovins peut être obtenue, soit par la méthode directe, soit par une construction graphique réalisée à partir de la connaissance du champ monoculaire ([1]).

La lecture de l'image transsclérale est délicate, tant en raison de la situation profonde du pôle postérieur du globe oculaire que du volume de la tête et de la difficulté de maintenir celle-ci dans son inclinaison naturelle.

Nous y sommes parvenu en faisant construire un nouveau périmètre, inspiré de celui d'Alfort. Il est constitué par un cercle gradué de 3 m de diamètre servant au déplacement de la source lumineuse et fixé sur un disque mobile dont la rotation indique les méridiens.

D'autre part, nous avons opéré sur la tête placée à la verticale, le sommet nasal vers le sol; la dénudation de la sclérotique en place est ainsi facilitée et les yeux tendent par leur poids à garder une position et une forme normales.

Dans ces conditions, le champ visuel binoculaire est limité par les positions

---

([3]) *Amer. J. Physiol.*, 178, 1954, p. 305-308.

([4]) *J. Appl. Physiol.*, 7, 1955, p. 349-354.

([5]) S. Gelineo et R. Kocarov, *C. R. Soc. Biol.*, séance du 15 juillet 1955 (sous presse).

(*) Séance du 17 août 1955.

([1]) *Comptes rendus*, 241, 1955, p. 615.

des images transsclérales d'une même source lumineuse apparaissant simultanément sur les deux yeux.

Le diagramme tracé sur le gabarit ci-dessous (*fig.* 1) donne le résultat obtenu sur une tête rectiligne, représentant le type médioligne de l'espèce.

On peut observer que, dans chaque œil, le champ binoculaire atteint 80° environ, dans le plan horizontal; il est un peu plus étendu dans un plan légèrement relevé vers le haut et mesure 100° dans cette direction. Il atteint jusqu'à 103° dans le plan vertical, dont la plus grande partie est située au-dessus de l'horizontale.

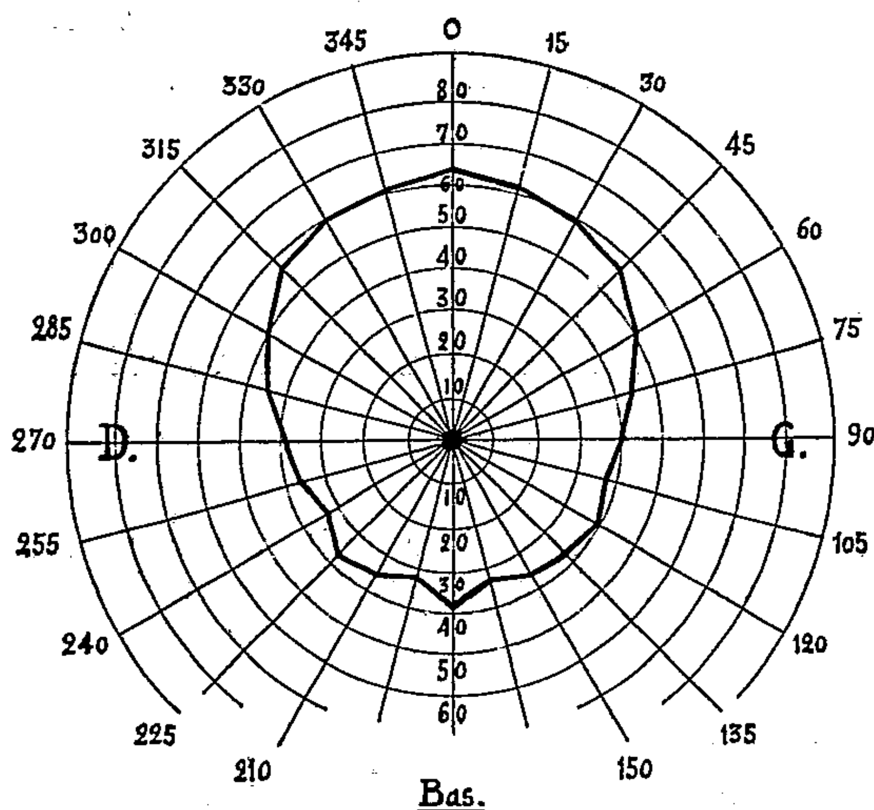


Fig. 1.

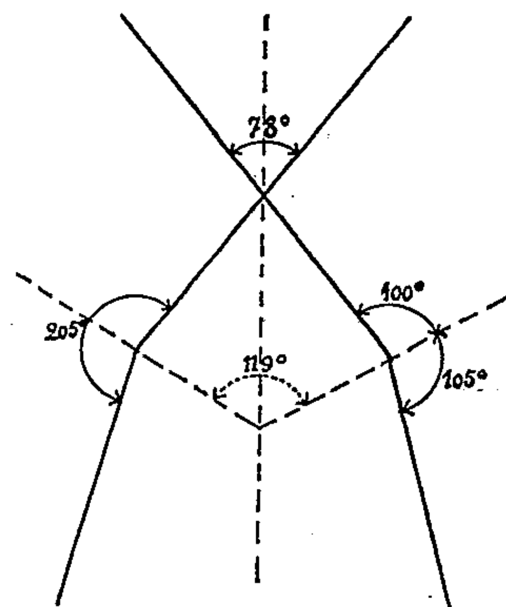


Fig. 2.

Fig. 1. — Champ visuel anatomique binoculaire d'un Bovin.
Fig. 2. — Champ visuel binoculaire total des Bovins (plan horizontal).

La conformation céphalique des Bovins change peu suivant les races, bien que les profils affectent des courbures assez différentes pour donner à l'indice facial des valeurs allant de 72 à 53,70 (Cornevin). Le champ visuel binoculaire n'est guère influencé par ces modifications du profil céphalique puisque ses variations, dans des mensurations qui ont porté sur des races très diverses, n'ont pas dépassé 5 à 6° dans les deux sens.

On peut aussi obtenir une valeur de champ visuel binoculaire par une construction graphique combinant la connaissance du champ visuel monoculaire et celle de la direction des axes oculaires. L'écartement de ces axes mesurant, chez les Bovins (d'après Kœschel), 119° et le champ visuel s'ouvrant, comme nous l'avons montré, de 100° vers l'avant, l'angle visuel binoculaire qui résulte de l'association de ces deux valeurs (*fig.* 2) atteint 78° environ. Ces résultats se rapprochent de ceux obtenus par la méthode directe.

Si l'on considère, d'une part, l'orientation légèrement antérieure des

ouvertures orbitaires caractérisée par l'angle de 15 à 20° que ces ouvertures forment avec le plan sagittal et, d'autre part, l'exophtalmie normale des animaux de cette espèce, on voit que leur champ de vision binoculaire passe légèrement au-dessus de la section nasale du profil facial. La distance entre les parties moyennes de ces deux ouvertures variant de 18 à 22 cm, on doit déduire de la construction graphique ci-dessus, que le sommet de la vision binoculaire des Bovins se situe de 13 à 15 cm en-deçà du sommet céphalique, c'est-à-dire au niveau de l'extrémité nasale de la région du chanfrein.

Par contre, en arrière, la vision binoculaire est inexistante et les champs de chaque œil vont en divergeant suivant un angle de 35 à 40°, ouvert en arrière.

La séance est levée à 15 h 25 m.

L. B.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus pendant les séances de juillet 1955.

Estratto da *Rivista del Catasto e dei Servizi Tecnici Erariali*, n° 1, 1934-XII : *Per lo sviluppo dell' industria fotogrammetrica italiana;* n° 6, 1940-XIX : *Sull collaudo diretto e sulla determinazione della precisione globale delle carte fotogrammetriche. Considerazioni*, da Gino Cassinis. Roma, Istituto poligrafico dello stato Libreria ; 2 fasc. 26,5 cm.

Estratto dal *Bolletino del Com. Naz. Italiano per la geodesia e la geofisica, Seconda Serie, Anno* I, n°s 1, 2, 3, 1931-IX : *La IV assemblea generale della Unione geodetica e geofisica internazionale* (Stoccolma, Agosto 1930). N. 5-6, 1931-IX : *Progressi e tendenze nei procedimenti per determinazioni di gravita relativa*, da Gino Cassinis ; 2 fasc. 24 cm.

Estratto de l'*Aerotecnica*. Vol. IX, n°s 1-2, 1929-VII. *L'aerofotogrammetria all' esposizione internazionale di aeronautica di Berlino e la riunione della « Deutsche gesellschaft für photogrammetrie »*. Vol. XI, n° 10, 1931-X : *Ricerche sul metodo aerofotogrammetrico nistri*, da Gino Cassinis. Roma, Istituto polygrafico dello Stato libreria, 1931-X ; 2 fasc. 24 cm.

Estratto de *R. Scuolo di applicazione per gli ingegneri*. N° 3 : *Sulla risoluzione dei sistemi di equazioni che si nel problema delle osservazioni indirette*. N° 4 : *Sulla compensazione delle osservazioni gravimetriche*. N° 6. : *Sulla lege di variazione della densitá di compensazione isostatica con la profondita'*. N° 7 : *Sull' uso del tacheometro nei tracciamenti di strade, canali e analoghi*. N° 8 : *Sulla precisione conseguibile nei rileva menti di tracciati con il tacheometro autoriduttore Hammei-Fennel*, da Gino Cassinis. Roma, Stabilimento tipo-litografico del genio civile, 1921-1922 ; 5 fasc. 24 cm.

Estratto de *La Ricerca scientifica*, anno V. Vol. II, nos 1-2 : *La Fotogrammetria aerea e la sua importanza tecnica ed economica*, da GINO CASSINIS; 1 fasc. 25 cm.

Media Pars Urbis Rilievo planimetrico ed altimetrico eseguito dagli allievi della Scuola d'applicazione per gli ingegneri di Roma colla guida del prof. U. Barbieri e dell' ing. Gino Cassinis. Nota del V. REINA. Ròma, Typografia della R. Accademia dei Lincei, 1910; 1 fasc. 27,5 cm.

Tracciamento della linea Roma mare Porto e Palidoro secondo il progetto dell ing. Caminada, da V. REINA. Roma. Officina polygrafica italiana, 1910; 1 fasc. 31 cm.

Livellazione geometrica di precisione dei muraglioni del tevere eseguita in Aprile e maggio 1911, da Gino CASSINIS. Estratto dagli *Annali della Societa degli ingegneri e degli architetti italiani*, no 17, 1911. Roma, Tipografia dell' istituto internazionale d'agricultura, 1911; 1 fasc. 31 cm.

Determinazioni di gravita relativa compiute nel 1912 *a Roma, Arcetri, Livorno, Genova, Vienna e Postdam, Memoria* del V. REINA e GINO CASSINIS. Roma, Tipografia della R. Accademia dei Lincei, 1913; 1 fasc. 30 cm.

Uso della radiotelegrafia per la determinazione delle longitudini, da GINO CASSINIS, in *Electrotecnica*, Anno 1o.-1914, no 18; 1 fasc. 32 cm.

Determinazioni di latitudine astronomica e di gravita relativa eseguite in Umbria e in Toscana nel 1913, da V. REINA e GINO CASSINIS. Roma, Tipografia nazionale de G. Bertero, 1915; 1 fasc. 31 cm.

Metodi stereogrammetrici di rilievo, da GINO CASSINIS. Estratto dagli *Annali della Societa degli ingegneri e degli architetti italiani*, no 8, 1915, et no 7, 1916 : *Livellazione geometrica di precisione dei muraglioni del Tevere eseguita in aprile* 1915, da GINO CASSINIS. Roma, L'Universelle, 1915 et 1916; 2 fasc. 30,5 cm.

Determinazioni di gravita relativa eseguite nel 1919 *a Roma, Napoli, Palermo, Teramo*, da GINO CASSINIS. Roma, l'Universelle, 1921; 1 fasc. 31 cm.

La riduzione isostatica delle misure geodetiche nell' ipotesi della densita di compensazione variabile con la profondita, da GINO CASSINIS. Estratto dalle *Memorie della Societa astronomica italiana*, nuovo serie. Vol. II. Roma, Grafia, 1922; 1 fasc. 24,5 cm.

Come si è affermata la nozione della forma ellissoidica della Terra, da GINO CASSINIS. Estratto dal *Periodico di Matematiche*, 1923, série IV, vol. III, no 4. Bologna, Nicola Zanichelli; 1 fasc. 23 cm.

Reale Accademia nazionale dei Lincei. Vol. XXIV, serie 5, fasc. 7, 1915 : *L'influenza della oscillazione del supporto sulle misure di gravita relativa compiute a S. Piétro in Vincoli coll' apparato di Sterneck a tripode.* Vol. XXXIII, série 5a, fasc. 1-2, 1924 : *Collegamento gravimetrico di Roma con Bologna a Padova.* Vol. I, série VIII, fasc. 12, 1946 : *Sulla teoria degli strumenti goniometrici*, da GINO CASSINIS; 3 fasc. 28 et 26 cm.

Sulla determinazione della schiacciamento terrestre mediante valori della gravita, da GINO CASSINIS, in *Atti della Reale Accad. delle Scienze di Torino.* Vol. LXII, 1927; 1 fasc. 24 cm.

L'ingegnere. Vol. II, no 4, 1928 : *Il teodolite e il telemetro Wild.* Vol. V, no 3, 1931 : *Aerofotogravimetrie e Catasto*, da GINO CASSINIS; 2 fasc 31,5 cm.

Estratto dalla *L'Universo*, anno X-1929, no 12 : *I nuovi distanziometri topografici*, anno XXIV, 1943, no 1 : *Progressi nello studio della forma della terra*, da GINO CASSINIS; 2 fasc. 24 cm.

Sulla adozione di una formula internazionale per la gravita normale, da GINO CASSINIS, Padova, Tipografia del Seminario, 1930; 1 fasc. 30 cm.

Extrait du *Bulletin géodésique de la Section de géodésie de l'Union géodésique et géophysique internationale*. N° 26, 1950 : *Sur l'adoption d'une formule internationale pour la pesanteur normale*. N° 32, 1931 : *Table des valeurs de la pesanteur normale internationale*, par GINO CASSINIS; Toulouse, Édouard Privat, et, Paris, J. Hermann; 2 fasc. 24 cm.

Sull' impiego de alcune funzioni trascendenti nelle rappresentazione empiriche, da GINO CASSINIS. Estratto dagli *Atti dell' Istituto nazionale delle Assicurazioni*. Vol. II. Roma, Tipografia del Senato, 1930-VIII; 1 fasc. 25 cm.

Rapport sur le développement de la photogrammétrie en Italie entre 1930 *et* 1934, par GINO CASSINIS; 1 fasc. 28,5 cm.

Untersuchungen über das luftphotogrammetrische Verfahren Nistri und über seine Anwendung bei Kataste raufnahmen, von GINO CASSINIS, in *Luftbildwesen*, n° 1, 1932; 1 fasc. 24,5 cm.

Questioni di gravimetria. da GINO CASSINIS. Estratto del *Seminario matematico e fisico di Milano*. Vol. VIII, 1935-XII. Milano, Libreria editrice Politecnica, 1934; 1 fasc. 24 cm.

Estratto dal *Bolletino del Comitato per la geodesia e la geofisica del Consiglio nazionale delle Ricerche*. Serie II, Anno IV, n° 1-2, 1934-XII : *Le tavole fondamentali per la riduzione dei valori osservati della gravita*, da GINO CASSINIS, P. DORE et S. BALLARIN. N° 4, 1935-XIII : *Relaziona preliminare sulla seconda crociera gravimetrica italiana in sommergibile nel Mediterraneo*, da GINO CASSINIS. Pavia, Tipografia legatoria Mario Ponzio; 2 fasc. 24 cm.

R. Commissione geodetica italiana. Nuovo Serie n° 9 : *La crociera gravimetrica del regio sommergibile Vettor Pisani*, anno 1931, da GINO CASSINIS e M. DE PISA. N° 13 : *Tavole fondamentali per la riduzione del Valori osservati della gravita*, da GINO CASSINIS, P. DORE et S. BALLARIN. Genova e Pavia, 1935 et 1937; 2 fasc. 31,5 cm.

Problemi attuali della fotogrammetria italiana, da GINO CASSINIS. Estratto dalle *Pubblicazioni dell' Istituto di Topografia e geodesia del R. Politecnico di Milano*, n° 23, 1937. Pavia, Mario Ponzio, 1937-XV; 1 fasc. 24 cm.

La croceria gravimetrica del R. Sommergibile « Des Geneys » anno 1935, da GINO CASSINIS. Estratto dal fasc. 12, serie VII, vol. VII, 1941-XIX dal *R. Accademia d'Italia*. Roma, Reale Accademia d'Italia, 1941-XIX; 1 fasc. 25 cm.

Per una carta d'Italia a grande scala, da Gino CASSINIS. Estratto dal *Bolletino della Societa italiana di fotogrammetria Ignazio Porro*, n° 1, 1942-XX. Milano, 1942-XX; 1 fasc. 29 cm.

I metodi di H. Boltz per la risoluzione dei sistemi di equazioni lineari e il loro impiego nella compensazione delle triangolazioni, da GINO CASSINIS. Estratto da *Rivista del Catasto e dei Servizi tecnici erariali*, n° 1, 1944. Brescia, Tipografia ditta F. Apollonio E. C., 1944-XXII; 1 fasc, 29 cm.

Politecnico de Milano. Pubblicazioni dell' Istituto di geodesia Topografia e fotogrammetria. N° 62 : *Risoluzione dei sistemi di equazioni algebriche lineari*, da GINO CASSINIS. Estratto dai *Rendiconti del Seminario matematico e fisico di Milano*. Vol. XVII, 1946. Milano, 1947; 1 fasc. 24 cm.

Le corps solide, par GENEVIÈVE DARMOIS. Paris, Presses universitaires de France, 1955; 1 vol. 19 cm (présenté par M. E. Darmois).

L'équilibre hormonal de la gestation. Les androgènes dans l'organisme féminin. La cortisone dans l'équilibre hormonal. Rapports de la IIIe réunion des endocrinologistes de langue française. Bruxelles, 18-20 juin 1955. Paris, G. Doin et Masson et Cie, 1955; 1 vol. 24 cm (présenté par M. R. Courrier).

Géologie du Congo belge, par L. CAHAN. Préface de PAUL FOURMARIER. Liège, Imprimerie H. Vaillant Carmanne, 1954; 1 vol. 30 cm.

Messier and His catalogue. I and II, by OWEN GINGERICH, in *Sky and Telescope*. Vol. XII, nos 10 et 11, 1953; 2 fasc. 29 cm.

J. M. Charcot 1825-1893. *Sa vie, son œuvre*, par GEORGES GUILLAIN. Paris, Masson et Cie, 1955; 1 vol. 24 cm.

Plantas vasculares infestantes dos arrozais, por JOÃO DE CARVALHO E VASCONCELLOS. Lisboa, Ministerio da economia. Comissão regulàdora do comércio de Arroz, 1954; 1 vol. 24 cm.

Revista de la facultad de ciencias matematicas fisico-quimicas y naturales aplicadas a la industria. Año 1, no 1. Rosario, Universidad nacional del litoral, 1953; 1 fasc. 31,5 cm.

L'Union internationale de physique pure et appliquée. État au 1er novembre 1954. Procès-verbal de la huitième Assemblée générale (1954). Paris, au Secrétariat de l'U. T. P., 1955; 1 fasc. 24 cm.

(*A suivre*).



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 29 AOUT 1955.

PRÉSIDENCE DE M. GASTON JULIA.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

L'Ouvrage suivant est présenté par M. **Louis de Broglie** : *Bulletin de l'Institut international du Froid. Numéro spécial. IXe Congrès international du Froid.*

CORRESPONDANCE.

RELATIVITÉ. — *Sur la représentation du champ unitaire par un tenseur g_{ik} non symétrique.* Note de M. **Jean Hély**, présentée par M. Joseph Pérès.

On détermine les équations *les plus simples* qui peuvent être imposées au tenseur g_{ik}, représentatif du champ unitaire.

Soient g^{ik} et g_{ik} deux tenseurs non symétriques tels que $g^{ik}g_{il}=\delta^k_l$, f^{ik} et f_{ik} deux tenseurs symétriques tels que $f^{ik}f_{il}=\delta^k_l$, R_{ik} le tenseur de Ricci construit à l'aide des coefficients de la connexion riemannienne de f_{ik}, S^{ik} le tenseur $R^{ik}-f^{ik}R/2$ (avec $R^{ik}=f^{is}f^{kt}R_{st}$ et $R=f^{st}R_{st}$), g le déterminant des g_{ik} et f le déterminant des f_{ik}.

Si l'on pose

$$h^{ik}=\sqrt{\frac{g}{f}}\,g^{ik},$$

l'on observe immédiatement que

$$[\sqrt{-f}\,(h^{ik}g_{il}+h^{ki}g_{li})]_{,k}\equiv\sqrt{-f}\,h^{ik}g_{ik,l}\equiv\frac{-g_{,l}}{\sqrt{-g}}$$

et donc que

$$2\left[\sqrt{-f}\left(h^{\underline{ik}}g_{\underline{il}}+h^{\overset{ik}{\vee}}g_{\underset{\vee}{il}}\right)\right]_{,k}\equiv\sqrt{-f}\left(h^{\underline{ik}}g_{\underline{ik},l}+h^{\overset{ik}{\vee}}g_{\underset{\vee}{ik},l}\right)$$

ou que

$$2\left(\sqrt{-f}\,h^{\underline{ik}}g_{\underline{il}}\right)_{,k}-\sqrt{-f}\,h^{\underline{ik}}g_{\underline{ik},l}\equiv 2g_{\underset{\vee}{li}}\left(\sqrt{-f}\,h^{\underset{\vee}{ik}}\right)_{,k}+\sqrt{-f}\,h^{\underset{\vee}{ik}}\left(g_{\underset{\vee}{ik},l}+2g_{\underset{\vee}{li},k}\right)$$
$$\equiv 2g_{\underset{\vee}{li}}\left(\sqrt{-f}\,h^{\underset{\vee}{ik}}\right)_{,k}+\sqrt{-f}\,h^{\underset{\vee}{ik}}\left(g_{\underset{\vee}{ik},l}+g_{\underset{\vee}{kl},i}+g_{\underset{\vee}{li},k}\right),$$

car

$$h^{\underset{\vee}{ik}}g_{\underset{\vee}{kl},i}\equiv h^{\underset{\vee}{ki}}g_{\underset{\vee}{il},k}\equiv h^{\underset{\vee}{ik}}g_{\underset{\vee}{li},k}$$

Par ailleurs, l'on sait que

$$2(\sqrt{-f}f^{ik}\mathrm{R}_{il})_{,k}-\sqrt{-f}f^{ik}\mathrm{R}_{ik,l}\equiv\sqrt{-f}(2\mathrm{R}^{k}_{l;k}-f^{ik}\mathrm{R}_{ik;l})\equiv\sqrt{-f}(2\mathrm{R}^{k}_{l}-f^{is}\mathrm{R}_{is}\delta^{k}_{l})_{;k}\equiv 0$$

et que

$$2(\sqrt{-f}\mathrm{S}^{ik}f_{il})_{,k}-\sqrt{-f}\mathrm{S}^{ik}f_{ik,l}\equiv\sqrt{-f}(2\mathrm{S}^{k}_{l;k}-\mathrm{S}^{ik}f_{ik;l})\equiv 2\sqrt{-f}\mathrm{S}^{k}_{l;k}\equiv 0.$$

Il appert donc que, si l'on pose, soit :

(I) $$h^{\underline{ik}}=f^{ik}\quad\text{et}\quad g_{\underline{ik}}=\varepsilon f_{ik}+\frac{1}{\lambda}\mathrm{R}_{ik},$$

soit

(II) $$g_{\underline{ik}}=f_{ik}\quad\text{et}\quad h^{\underline{ik}}=\varepsilon f^{ik}+\frac{1}{\lambda}\mathrm{S}^{ik},$$

ε et λ désignant deux constantes, l'on a

$$2\left(\sqrt{-f}\,h^{\underline{ik}}g_{\underline{il}}\right)_{,k}-\sqrt{-f}\,h^{\underline{ik}}g_{\underline{ik},l}=0,$$

et par conséquent

$$2g_{\underset{\vee}{li}}\left(\sqrt{-f}\,h^{\underset{\vee}{ik}}\right)_{,k}+\sqrt{-f}\,h^{\underset{\vee}{ik}}\left(g_{\underset{\vee}{ik},l}+g_{\underset{\vee}{kl},i}+g_{\underset{\vee}{li},k}\right)=0,$$

c'est-à-dire

$$g_{\underset{\vee}{li}}\left(\sqrt{-f}\,h^{\underset{\vee}{ik}}\right)_{,k}=0,$$

si l'on pose encore

(III) $$g_{\underset{\vee}{ik},l}+g_{\underset{\vee}{kl},i}+g_{\underset{\vee}{li},k}=0$$

et

$$\sqrt{-f}\,h^{\underset{\vee}{ik}}\left(g_{\underset{\vee}{ik},l}+g_{\underset{\vee}{kl},i}+g_{\underset{\vee}{li},k}\right)=0$$

si l'on pose encore

(IV) $$\left(\sqrt{-f}\,h^{\underset{\vee}{ik}}\right)_{,k}\equiv\left(\sqrt{-g}\,g^{\underset{\vee}{ik}}\right)_{,k}=0.$$

Dans l'hypothèse (III), les tenseurs B_{ik} et H^{ik} représentatifs des champs électromagnétiques $(\overline{\mathrm{E}},\overline{\mathrm{B}})$ et $(\overline{\mathrm{D}},\overline{\mathrm{H}})$ de Born s'identifient immédiatement à $g_{\underset{\vee}{ik}}$ et $h^{\underset{\vee}{ik}}$ et la densité de courant J^{i} à

$$h^{\underset{\vee}{ik}}_{;k}\equiv\frac{1}{\sqrt{-f}}\left(\sqrt{-f}\,h^{\underset{\vee}{ik}}\right)_{,k}\equiv\frac{1}{\sqrt{-f}}\left(\sqrt{-g}\,g^{\underset{\vee}{ik}}\right)_{,k}.$$

Dans l'hypothèse (IV) on peut écrire, de même :

$$\sqrt{-g}\, g^{\overset{ik}{\vee}} \equiv \sqrt{-f}\, h^{\overset{ik}{\vee}} = \pm \mathrm{B}_{lm}, \qquad \underset{\vee}{g_{ik}} = \pm \sqrt{-f}\, \mathrm{H}^{lm},$$

$$\underset{\vee}{g_{ik,l}} + \underset{\vee}{g_{kl,i}} + \underset{\vee}{g_{li,k}} = \pm \sqrt{-f}\, \mathrm{J}^m = \pm (\sqrt{-f}\, \mathrm{H}^{sm})_{,s}$$

(i, k, l, m désignant une permutation paire ou impaire des indices 1, 2, 3, 4) et la force de Lorentz totale $\mathrm{B}_{li}\mathrm{J}^i$ ou $\mathrm{B}_{lm}\mathrm{J}^m$ est effectivement nulle dans les deux cas.

On voit en outre, en faisant tendre vers zéro les $\underset{\vee}{g_{ik}}$, que le continuum obtenu tend vers l'Univers de Minkowski si $\varepsilon = 1$ et vers un Univers « de Sitter » de constante cosmologique $\lambda(\varepsilon - 1)$ si $\varepsilon \neq 1$. Le remplacement de R_{ik} par

$$\mathrm{R}_{ik} - \frac{8\pi \mathrm{G}\rho_0}{c^2}\left(u_i u_k - \frac{1}{2} f_{ik}\right)$$

ou de S^{ik} par

$$\mathrm{S}^{ik} - \frac{8\pi \mathrm{G}\rho_0}{c^2} u^i u^k$$

dans les équations (I) ou (II) permet, enfin, d'introduire une densité de masse propre ρ_0, en sus de la densité de courant J^i et de la constante cosmologique $\lambda(\varepsilon - 1)$.

ASTRONOMIE. — *La mesure des vitesses radiales stellaires au prisme objectif à champ normal.* Note (*) de M. **Charles Fehrenbach** et Mme **Marcelle Duflot**, présentée par M. André Danjon.

Nous indiquons les résultats de mesures portant sur 46 étoiles situées dans la Chevelure de Bérénice et nous discutons les résultats obtenus pour des étoiles plus brillantes que la dixième grandeur et de types spectraux très différents.

La méthode décrite par l'un de nous [1] a été améliorée. Nos clichés comportent maintenant, en deux poses de 2 heures, 100 à 150 étoiles dans un champ de 3° sur 4°. Ces étoiles plus brillantes que la dixième grandeur sont bien mesurables. Une nouvelle technique de mesure avec un spectrocomparateur construit spécialement par nous permet la mesure rapide et précise des étoiles de tous types spectraux. La reconnaissance des étoiles à grandes vitesses radiales est immédiate et ne nécessite aucun dépouillement. La précision interne des mesures est excellente et comparable à celle des mesures classiques faites avec le spectrographe à fente, travaillant avec la même dispersion. L'erreur à craindre sur une mesure d'une étoile à raies nombreuses et fines

---

(*) Séance du 22 août 1955.

(1) Ch. Fehrenbach, *Annales d'Astrophys.*, 10, p. 257 et 306; 11, p. 35, Publ. OHP, Vol. I, n° 14.

Liste de vitesses radiales mesurées au prisme objectif.

Étoile HD.	Magn. phot.	Spectre.	Vit. rad. PO.	Qual.	Vit. rad. Cat.	Qual.	Diff.	Poids.
106 946.....	8,15	F 0 V	+13	C	− 1	*c*	+14	0
999.....	7,63	F 1 III	−15	B	− 8	*b*	− 7	2
107 086.....	8,03	F 6 IV	+10	A	–	–	–	–
131.....	6,66	A 9 IV	+ 3	B	0	*d*	+ 3	1
159.....	8,02	F 2 II	+17	A	+10	*c*	+ 7	2
326.....	6,42	F 0 II	+12	A	+ 8	*d* var.	+ 4	1
325.....	6,80	K 1 IV	−23	A	−17	*c*	− 6	1
398.....	7,36	F 0 IV	−15	B	−17	*b*	+ 2	2
399.....	9,42	G 0 V	+ 2	B	− 2	*c*	+ 4	1
427.....	9,05	A 3 IV	+ 1	C	− 9	*d*	+10	1
468.....	9,08	G 8 III	+25	A	–	–	–	–
469.....	8,23	G 8 IV	+21	B	+24	*c*	− 3	2
513.....	7,59	F 0 IV	− 3	A	0	*b*	− 3	2
531.....	9,30	F 8 V	+12	C	–	–	–	–
568.....	9,50	K 0 III	+16	B	–	–	–	–
583.....	9,73	G 0 IV	(+ 7)	–	− 2	*c*	+ 9	0
611.....	8,92	F 7 IV	+ 2	A	− 1	*c*	+ 3	2
	9,86	F 2 V	−18	C	−10	*d*	− 8	0
655.....	6,17	A 0 IV	− 7	B	− 4	*b*	0	2
700.....	5,36	F 5	− 2	var.	0	var.	− 2	0
725.....	9,24	K 3 I *b*	−12	B	–	–	–	–
742.....	9,93	K 2 I *b*	−19	A	–	–	–	–
793.....	9,49	F 8 V	−14	C	+ 6	var.	−20	0
854.....	8,61	G 8 II	−29	A	+ 2	var.?	−31	0
853.....	9,43	F 3 IV	+11	C	+ 5	*d*	+ 6	1
107 877.....	8,79	F 5	− 5	A	+ 2	*c*	− 7	2
935.....	6,89	A 9 III	− 2	B	− 1	*b*	− 1	2
966.....	5,28	A 2	+ 2	A	0	*b*	+ 2	2
108 007.....	6,60	A 9 IV	− 1	A	− 8	*c* var.	+ 7	1
102.....	8,69	F 8 V	+ 1	B	− 2	*c*	+ 3	2
226.....	8,77	F 7 V	+ 7	A	− 3	*c*	+10	2
238.....	9,36	K 0 II	−18	A	–	–	–	–
283.....	5,21	A 5	− 2	A	− 5	*c* var.	+ 3	0
358.....	9,26	F 8 V	−22	A	–	–	–	–
382.....	5,19	A 2	0	A	− 2	*c* var.	+ 2	1
421.....	9,24	K 2 IV	+ 1	B	− 1	*c*	+ 2	1
449.....	8,60	F 0 III	−19	A	–	–	–	–
486.....	6,83	A 5 II	− 1	B	0	*b*	− 1	2
519.....	7,91	A 7 III	−10	B	− 7	*c*	− 3	2
576.....	9,49	G 0 V	−16	B	–	–	–	–
642.....	6,66	A 7 III	+ 6	var.	+ 3	var.	+ 3	0
651.....	6,80	A 9 III	− 2	B	− 2	*c* var.	0	0
662.....	5,21	A 0 *p*	− 3	A	− 3	*b*	0	2
807.....	8,30	F 6 IV	− 3	C	+ 2	*c*	− 5	1
805.....	9,10	G 8 II	−29	B	–	–	–	–
806.....	9,91	G 8 II	+72	A	+75	*c*	− 3	1

(type spectral G à M) est de 4 à 5 km/s pour un cliché. La moyenne des mesures de quatre clichés est donc connue avec une erreur probable de 2,5 km/s. Il semble que l'erreur de mesure provienne des petits déplacements que subit la gélatine pendant le développement et le séchage. Nous ne constatons aucune correction systématique en fonction ni du type spectral, ni de la magnitude, ni de la position de l'étoile.

Nous publions une liste de 46 étoiles de la Chevelure de Bérénice mesurées sur 8 clichés, 4 à poses longues, 4 à poses courtes. L'accord de nos mesures avec les valeurs obtenues avec le spectrographe à fente est bon. Une discussion plus serrée de ces résultats permet de classer l'ensemble des étoiles en trois groupes. Pour les étoiles sûrement constantes (Poids 2) la différence absolue moyenne entre nos valeurs et celles du catalogue est 2,8 km/s. Pour les étoiles (1) mal déterminées ou un peu variables la différence est 4,4 km/s; pour les étoiles variables cette valeur monte à 9,6 km/s. L'étoile HD 108642 est une double spectroscopique connue (²). Nous donnons les valeurs mesurées par nous et nous les comparons aux valeurs calculées à l'aide de l'orbite de Harper avec la période de 11,7869 jours :

Vit. rad. P. O. (km/s)......	+31	+39	+15	−12	+37	−47	+6	−29
Vit. rad. Harper (km/s)......	+30	+40	+16	− 5	+40	−41	0	−36

Écart quadratique moyen : 4,8 km/s.

Notre liste de vitesses radiales montre nettement les résultats que l'on peut attendre de ces mesures. Plusieurs centaines de clichés sont actuellement au dépouillement et donneront une longue série de mesures nouvelles. Un prisme objectif de 40 cm de diamètre, actuellement en construction au Laboratoire d'Optique de l'Observatoire de Paris, permettra d'atteindre des étoiles de magnitude 12,5.

ÉLECTROMAGNÉTISME. — *Réflexion d'une onde électromagnétique plane sur un gaz ionisé.* Note de M. **Paul Poincelot**, présentée par M. Louis de Broglie.

J'apporte une rectification à deux Notes antérieures (¹), où j'applique une formule asymptotique relative à la fonction de Hankel de première espèce $H_{\nu}^{(1)}(z)$ pour un argument de z égal à $+2\pi$, alors qu'elle n'est valable que pour $-\pi < \arg z < +2\pi$. Je rappelle que je considère un gaz dont l'indice n varie

(²) W. E. Harper, *Publ. Dom. Astr. Obs.*, 3, 1926, p. 315.

(¹) *Comptes rendus*, 241, 1955, p. 186 et 290.

suivant la loi :

$$(1) \qquad \text{pour} \quad x < 0, \qquad n = 1;$$

$$(2) \qquad \text{pour} \quad 0 < x < \frac{\omega^2}{\alpha}, \qquad n = \sqrt{1 - \frac{\alpha x}{\omega^2}};$$

$$(3) \qquad \text{pour} \quad x > \frac{\omega^2}{\alpha}, \qquad n = -i\sqrt{\frac{\alpha x}{\omega^2} - 1};$$

les radicaux étant réels. Une onde électromagnétique plane tombe sous l'incidence normale. Ses champs E et $\mathcal{H}$ satisfont, en u. é. m. C. G. S., aux relations :

$$(4) \qquad \frac{d^2 E}{dx^2} - \frac{\omega^2}{c^2}\left(\frac{\alpha x}{\omega^2} - 1\right) E = 0,$$

$$(5) \qquad \mathcal{H} = \frac{i}{\omega}\frac{dE}{dx}.$$

Je mets la solution générale de (4) sous la forme

$$(6) \qquad E = \sqrt{\frac{\alpha x}{\omega^2} - 1}\left\{ A_1 H^{(1)}_{\frac{1}{3}}(z) + A_2 H^{(2)}_{\frac{1}{3}}(z) \right\},$$

avec

$$(7) \qquad z = e^{i\frac{\pi}{2}} \frac{2\omega^3}{3\alpha c}\left(\frac{\alpha x}{\omega^2} - 1\right)^{\frac{3}{2}},$$

les radicaux étant réels pour $\alpha x/\omega^2 - 1 > 0$.

J'applique ensuite les relations asymptotiques de Hankel

$$(8) \qquad H^{(1)}_{\nu}(z) \sim \left(\frac{2}{\pi z}\right)^{\frac{1}{2}} e^{i\left[z - \left(\nu + \frac{1}{2}\right)\frac{\pi}{2}\right]} \{1 + O(z^{-1})\}$$

valable pour

$$(9) \qquad -\pi < \arg z < +2\pi$$

et

$$(10) \qquad H^{(2)}_{\nu}(z) \sim \left(\frac{2}{\pi z}\right)^{\frac{1}{2}} e^{-i\left[z - \left(\nu + \frac{1}{2}\right)\frac{\pi}{2}\right]} \{1 + O(z^{-1})\}$$

valable pour

$$(11) \qquad -2\pi < \arg z < +\pi$$

quel que soit ν.

Lorsque x tend vers $+\infty$, la fonction $H^{(2)}_{\frac{1}{3}}$ de (6) tend elle-même vers l'infini, tandis que la fonction $\sqrt{x}\, H^{(1)}_{\frac{1}{3}}$ tend vers zéro. Il convient donc de faire $A_2 = 0$.

Si ensuite, on remplace, dans (6), $H^{(1)}_{\frac{1}{3}}$ par son expression en fonction de $J_{\frac{1}{3}}$ et $J_{-\frac{1}{3}}$, on trouve que la fonction E est uniforme, et qu'elle peut être écrite

$$(12) \qquad E = A\sqrt{1 - \frac{\alpha x}{\omega^2}}\left\{ J_{\frac{1}{3}}(z_1) + J_{-\frac{1}{3}}(z_1) \right\},$$

avec

$$z_1 = \frac{2\omega^3}{3\alpha c}\left(1 - \frac{\alpha x}{\omega^2}\right)^{\frac{3}{2}}, \tag{13}$$

les radicaux étant réels pour $x < (\omega^2/\alpha)$. En tenant compte de la continuité des champs à l'origine, j'explicite le coefficient de réflexion ρ pour le champ électrique

$$\rho = \frac{\left(1 + i\frac{\alpha c}{\omega^3}\right) J_{\frac{1}{3}}\left(\frac{2\omega^3}{3\alpha c}\right) + J_{-\frac{1}{3}} - i\left(J_{\frac{2}{3}} + J_{\frac{4}{3}}\right)}{\left(1 - i\frac{\alpha c}{\omega^3}\right) J_{\frac{1}{3}}\left(\frac{2\omega^3}{3\alpha c}\right) + J_{-\frac{1}{3}} + i\left(J_{\frac{2}{3}} + J_{\frac{4}{3}}\right)}. \tag{14}$$

Supposons $(2\omega^3/3\alpha c) \gg 1$, c'est-à-dire $(4\pi/3)(h_0/\lambda) \gg 1$, λ étant la longueur d'onde et h_0 la hauteur à laquelle l'indice s'annule. On trouve une valeur asymptotique :

$$\rho \sim i e^{-i\frac{4\omega^3}{3\alpha c}} \qquad (|\rho| = 1). \tag{15}$$

La réflexion est totale.

Au déphasage caractérisé par (15) correspond une durée de parcours $4\omega^2/3\alpha c$ et une longueur de parcours qui, dans le vide, serait $4\omega^2/3\alpha = (4/3)h_0$, soit une hauteur apparente de réflexion égale à $(2/3)h_0$ en régime sinusoïdal. En régime impulsif, si l'on admet que la notion de vitesse de groupe est applicable, on trouve un temps de parcours total $d\varphi/d\omega = 4\omega^2/\alpha c$, soit en définitive, une hauteur apparente de réflexion $2h_0$. Les résultats demeurent les mêmes si l'indice n cesse de varier pour une altitude $h > h_0$, ceci dans le cas où $2\omega^3/3\alpha c \gg 1$. J'ai vérifié ce fait par le calcul dans mes Notes précédentes. Il est d'ailleurs évident que si l'affaiblissement devient grand, tout se passe comme si l'indice variait indéfiniment.

J'ai tenté de justifier l'application de la notion de vitesse de groupe sur des exemples numériques, en évaluant approximativement les intégrales. Mes calculs sont incomplets, mais me paraissent assez encourageants pour qu'on puisse envisager un examen rigoureux.

CHIMIE MACROMOLÉCULAIRE. — *Effet co-catalytique des traces d'eau dans la formation du polyacétaldéhyde.* Note (*) de MM. **Maurice Letort** et **Pierre Mathis**, présentée par M. Jacques Duclaux.

A son point de fusion (— 123,3°) et dans certaines conditions, l'acétaldéhyde se transforme en polyacétaldéhyde [1]; c'est le seul cas connu où il y ait concomitance de la polymérisation et de la fusion du cristal [2].

(*) Séance du 8 août 1955.

[1] M. Letort et J. Petry, *J. Chim. phys.*, 48, 1951, p. 594; la bibliographie est donnée dans ce mémoire.

[2] M. Letort et A. J. Richard, *Comptes rendus*, 240, 1955, p. 86.

On savait que de petites quantités d'eau inhibent cette réaction ([3]), ([1]). Nous allons montrer qu'en réalité l'eau est *co-catalyseur* de la polymérisation. Il semble que ce soit la première fois qu'on observe cet effet dans le cas d'initiateurs organiques.

Le mode opératoire employé a été décrit ([1]). L'acétaldéhyde pur étant refroidi à — 118°, on y incorpore par photooxydation une quantité minime mais connue d'acide peracétique. La préparation est alors amenée à — 123,3°, le refroidissement étant réglé pour que la cristallisation se fasse en un temps donné. La préparation étant ramenée à la température ordinaire, on élimine le monomère résiduel par dissolution dans l'eau; le polyacétaldéhyde est recueilli, séché et pesé.

Cependant, dans les expériences que nous rapportons ici, l'acétaldéhyde était plus strictement rectifié; sous pression constante (d'azote pur) la température de distillation restant constante à 1/100° près pendant le prélèvement.

Dans ces nouvelles expériences, tout se passait comme si la rectification très poussée éliminait des traces d'une « impureté » indispensable. Nous avons alors introduit dans le monomère des traces d'eau en quantité connue. Un volume étalonné est rempli de vapeur d'eau sous sa pression saturante à une température donnée; cette quantité de vapeur est condensée dans le vase à — 80°; l'acétaldéhyde est ensuite introduit et photoxydé comme nous l'avons dit.

La teneur du monomère en eau systématiquement ajoutée étant exprimée en moles pour 10^6 moles CH_3CHO, le graphique donne les résultats pour les conditions suivantes : 45 moles d'acide peracétique pour 10^6 moles CH_3CHO; durée de la cristallisation, 15 mn pour 17,2 g d'aldéhyde (soit 20 cm³ à — 80°).

L'effet favorable des traces d'eau est extrêmement sensible entre 15 et 60.10^{-6}. Au delà, l'effet inhibiteur commence à se manifester; il s'amplifie à mesure que la teneur en eau augmente comme le montrent les résultats suivants qui pour 0,65 % d'eau en poids, confirment l'inhibition antérieurement observée ([3]), ([1])

Teneur en eau du monomère.						
en moles pour 10^6 moles CH_3CHO...	200	470	710	3 900	7 600	15 500
en poids (%)......................	0,0086	0,019	0,029	0,16	0,31	0,65
Rendement (%)..................	30,2	28,7	20,5	12,5	7,6	2,2

Nous avons fait la preuve que :

1° des traces d'alcool éthylique, substitué à l'eau, ont qualitativement le même effet;

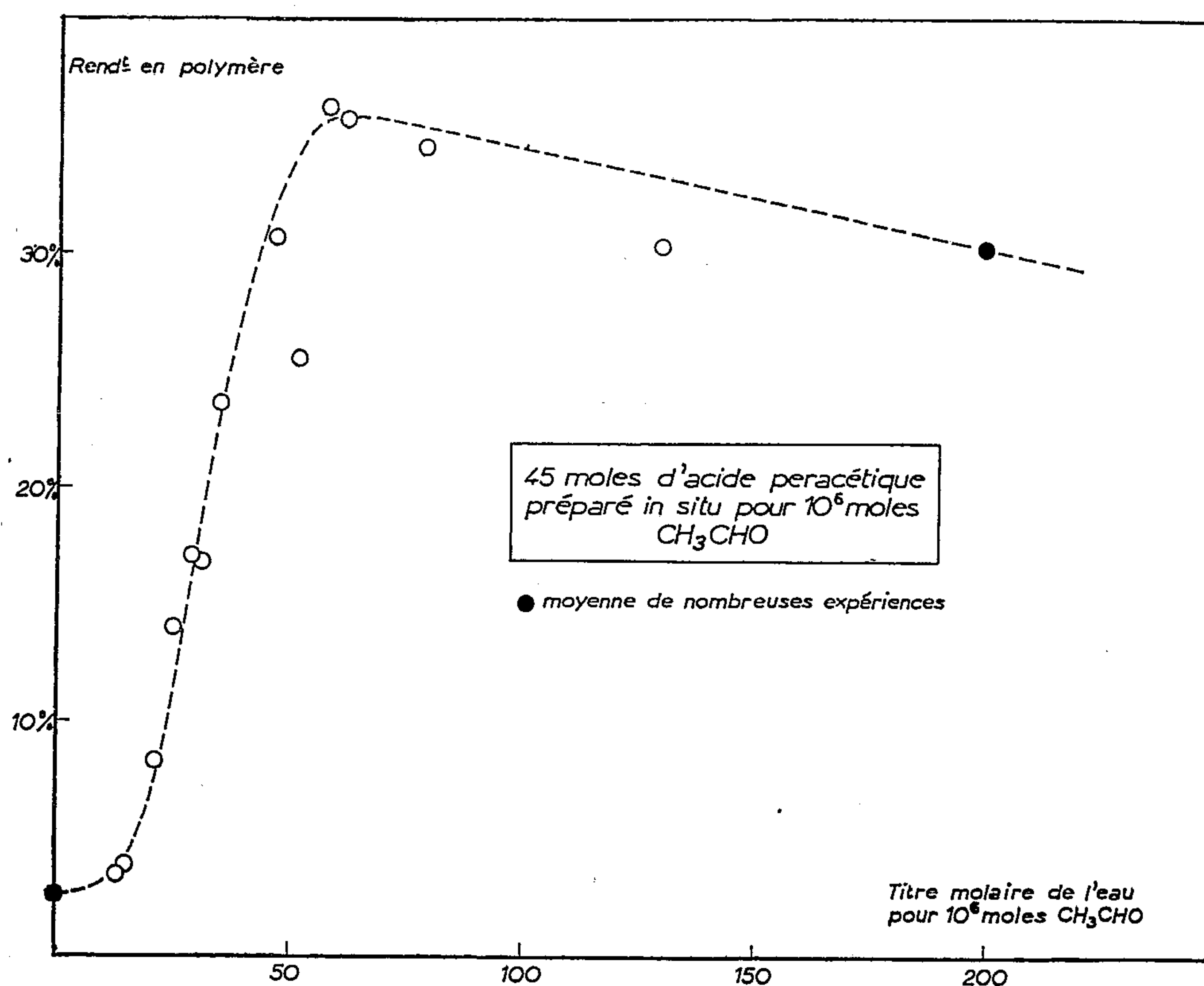
2° en l'absence d'initiateur, le co-catalyseur est sans effet;

3° l'acide benzoïque (dont la préparation à l'état rigoureusement anhydre

([3]) J. C. Bevington et R. G. W. Norrish, *Proc. Roy. Soc.*, London, A 196, 1949, p. 363.

est également possible) peut être qualitativement substitué à l'acide peracétique comme initiateur;

4° le poids moléculaire (environ 2.10^6 estimé par viscosimétrie) reste du même ordre de grandeur entre 0 et 200.10^{-6} d'eau (pour 45.10^{-6} d'acide peracétique).



Nous avons fait quantitativement la preuve que l'allure singulière de la courbe de co-catalyse vers l'abscisse zéro est due à l'adsorption irréversible sur la paroi du vase d'une quantité d'eau qui correspondrait au titre molaire de 15.10^{-6}. Nos résultats étant corrigés de cette quantité, le maximum d'efficacité de l'eau coïncide avec *l'équi-molarité* du couple acide peracétique-eau.

On observera accessoirement qu'en absence d'eau systématiquement ajoutée le rendement est encore notable. On n'obtient de rendement nul qu'en ajoutant des traces d'ammoniac au monomère.

En conclusion, si l'initiation par l'acide peracétique, molécule peroxydique, et l'effet inhibiteur de l'eau suggéraient un mécanisme par radicaux libres de la polymérisation ([1]), l'effet de cocatalyse que nous venons de décrire ainsi que l'initiation par l'acide benzoïque sont des arguments importants en faveur d'un mécanisme ionique. Nous ferons connaître d'autres arguments qui vont dans ce sens.

CHIMIE THÉORIQUE. — *Recherche préliminaire sur la relation existant entre l'activité tuberculostatique et la structure électronique des dérivés bi- et tri-substitués du benzène*. Note de Mlle **Maria Di Fonzo**, présentée par M. Louis de Broglie.

Le mécanisme d'action des dérivés antituberculeux consiste vraisemblablement en une inhibition compétitive avec le substrat de certaines enzymes et une telle compétition semble pouvoir s'expliquer par un parallélisme entre l'activité tuberculostatique et la distribution électronique (1).

Dans le but d'aider à la recherche d'un parallélisme nous signalons avant tout les limites dérivant des études microbiologiques : le pouvoir tuberculostatique d'un composé peut s'exprimer comme le cologarithme de la concentration minimum c capable d'arrêter la croissance du germe. Si pour un composé nous confrontons les valeurs de $-\log c$ obtenues par différents chercheurs, nous trouvons des différences importantes attribuables à diverses conditions expérimentales. Dans notre étude nous devrons donc prendre seulement les valeurs obtenues par un seul auteur dans une série unique de recherches.

Quant à l'effet des substituants sur la structure électronique, nous limitant aux analogues de l'acide *p*-aminobenzoïque, nous pouvons le représenter au moyen d'une méthode simplifiée (2) sur laquelle il est nécessaire de faire quelques observations :

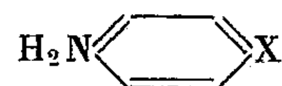
a. chez les composés qui ne diffèrent entre eux que par un substituant, la distribution électronique dépend seulement de la position de ce substituant et de la valeur du paramètre α/β qui le caractérise;

b. la valeur α/β pour NH_2, OH, Cl peut être prise égale à $-0,5$ (2); pour OCH_3, OC_2H_5, OC_3H_7 on peut la poser égale respectivement à $-0,4$; $-0,3$; $-0,2$; (3).

Dans le tableau nous reportons les valeurs de $-\log c$.

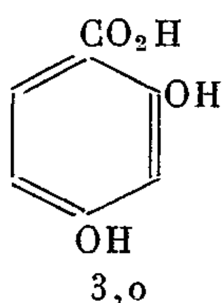
Puisque α/β est égale pour NH_2 et pour OH, la méthode de calcul fournit pour les acides hydroxy et amino benzoïque substitués sur la même position des configurations électroniques égales. En fait, on peut admettre ceci seulement pour les dérivés méta. Pour les autres on doit tenir compte de l'influence qu'ont sur la distribution électronique le pont d'hydrogène, exceptionellement fort dans l'acide salicylique (4), et la présence en para du carboxyle d'un groupe nucléophile : OR_2 étant un donneur d'électrons plus faible que NR_3 (5), l'interaction avec le carboxyle est plus forte dans le dérivé aminé.

(1) M. Di Fonzo, *Bull. Soc. It. Biol. Sper.* (en cours d'édition).
(2) M. Prato et G. Nebbia, *Le sostanze cancerigene*, L. da Vinci, Bari, 1951.
(3) C. C. Price, *Chem. Rev.* 29, 1941, p. 37.
(4) G. E. K. Branch et D. L. Yabroff, *J. Amer. Chem. Soc.*, 56, 1934, p. 2 568.
(5) R. Robinson, *Endeavour* 13, 1954, p. 173.

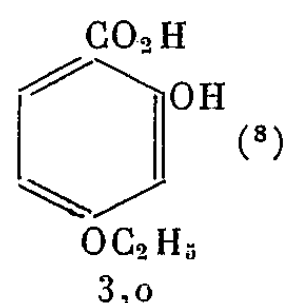


X = OH	3,7	([6])
NH_2	3,7	
Cl	4,4	
OCH_3	5,0	
OC_2H_5	5,9	
OC_3H_7	6,2	

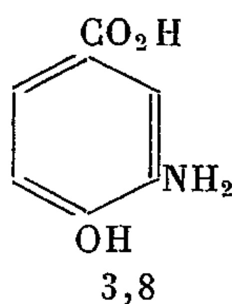
Acide *o*-hydroxybenzoïque	4,4	Acide *o*-aminobenzoïque	2,7	([7])
» *m*- »	3,5	» *m*- »	3,4	
» *p*- »	2,7	» *p*- »	4,2	



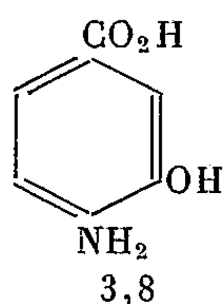
3,0



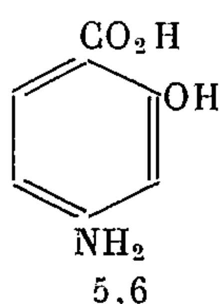
3,0 ([8])



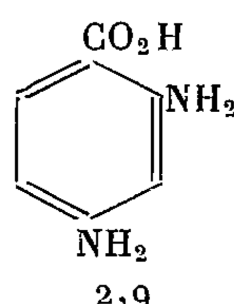
3,8



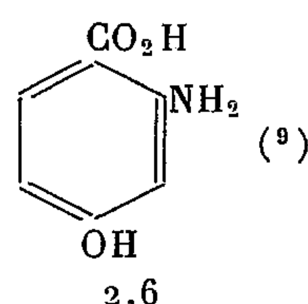
3,8



5,6



2,9



2,6 ([9])

Quant aux dérivés trisubstitués, on peut interpréter les valeurs qui leurs sont personnelles en admettant que le facteur influençant de la façon la plus importante la configuration électronique dérive de l'interaction des groupes en ortho ([10]). La nature et la position du troisième substituant n'influe pas à moins que n'intervienne une électroaffinité nettement opposée à celle résultant des groupes situés en ortho (acide *p*-aminosalysilique) ou que l'interaction en ortho devienne plus faible (acides 2.4-diaminobenzoïque et 2-amino-4-hydroxybenzoïque).

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur le sous-sulfure d'uranium.*

Note de MM. **Marius Picon** et **Jean Flahaut**, présentée par M. Paul Lebeau.

L'aluminium se combine sélectivement à l'oxygène de l'oxysulfure d'uranium OSU. On peut ainsi obtenir le sous-sulfure SU qui possède les caractères cristallographiques déjà signalés par Zachariasen. L'isolement de ce produit est assez difficile. Le composé S_3U_4 décrit par Strotzer n'a pu être obtenu. Par contre, il existe des solutions solides SU + U.

([6]) H. Erlenmeyer et Coll., *H. C. A.*, 31, 1948, p. 988.

([7]) C. L. Goodacre et Coll., *Quart. J. Pharmacy and Pharmacol.*, 21, 1948, p. 301.

([8]) H. Bloch et Coll., *H. C. A.*, 30, 1947, p. 540.

([9]) J. Lehman, *Nordisk Med.*, 33, 1947, p. 140.

([10]) Alors que le phénol est capable d'empêcher la croissance du M. *tuberculosis* à une concentration non inférieure à 1/2000e, l'*o*-aminophénol est encore actif à la concentration de 1/2 000 000e (*Chem. Abstr.*, 1951, 5 757 *g*).

L'étude des sous-sulfures d'uranium a donné lieu à deux séries de travaux contradictoires. Strotzer et ses collaborateurs, en 1940 ([1]) et 1941 ([2]) ont obtenu, pour un corps de composition S_3U_4, un spectre cubique de paramètre 5,49, du type ClNa, mais avec de faibles raies supplémentaires qui attesteraient l'absence de l'atome central de soufre dans la maille. La densité 10,455 correspond sensiblement à celle trouvée par le calcul.

En 1949, Zachariasen ([3]) examine aux rayons X les produits obtenus par Eastman et ses collaborateurs ([4]). Il trouve pour le composé SU une maille cubique du type ClNa, sans raies supplémentaires, de paramètre 5,48 avec une densité théorique de 10,91. Il en conclut que S_3U_4 n'existe pas, mais il n'explique pas la faible densité du produit de Strotzer.

Nos recherches antérieures sur les sulfures S_5U_3, S_3U_2 et l'oxysulfure OSU ([5]) ont montré que ces composés sont réduits par le carbone à haute température mais que simultanément on aboutit à une carburation.

En utilisant l'aluminium comme réactif, la transformation des sulfures jusqu'au stade SU est très difficile ; par contre, l'oxysulfure est attaqué dès 1175° et l'on observe que l'oxygène se fixe seul sur l'aluminium. Le sous-sulfure ainsi obtenu est encore mélangé à de l'alumine et à l'excès d'aluminium employé. On peut éliminer ces deux impuretés par chauffage dans un vide poussé de 1/1000e de millimètre de mercure. La présence d'aluminium favorise l'entraînement de l'alumine. On l'observe dès 1300° et l'on obtient une élimination totale des produits alumineux en 2 h à 1500°.

Cette purification s'accompagne d'importantes réactions secondaires. L'aluminium en excès fournit, au contact du graphite des nacelles, du carbure très réducteur qui désulfure très légèrement le sulfure obtenu. D'autre part, la volatilisation de l'alumine s'accompagne d'une nette dissociation qui engendre une légère oxydation du sous-sulfure avec régénération de traces de l'oxysulfure OSU.

C'est en utilisant un très large excès d'aluminium que les résultats sont les plus favorables. Après la première chauffe à 1300°, l'excès d'aluminium se retrouve à l'état fondu et partiellement aggloméré. Les globules ainsi formés contiennent de l'alumine et un alliage d'uranium et d'aluminium. Leur élimination permet donc d'effectuer une première purification très importante.

Finalement, la préparation consiste à mélanger intimement l'oxysulfure avec 50 % d'aluminium (tamis 60) et à chauffer 1 h à 1300° dans le vide dans un

---

([1]) STROTZER, SCHNEIDER et BILTZ, *Z. anorg. Chem.*, 243, 1940, p. 307 et 322.
([2]) STROTZER et ZUMBUSCH, *Z. anorg. Chem.*, 247, 1941, p. 415.
([3]) *Acta cryst.*, 2, 1949, p. 291.
([4]) *J. Amer. Chem. Soc.*, 72, 1950, p. 4019.
([5]) M. PICON et J. FLAHAUT, *Comptes rendus*, 240, 1955, p. 535 et 784.

tube en alumine frittée. On passe ensuite au tamis 160 qui élimine les globules d'aluminium. Le résidu, exempt d'oxysulfure est mélangé à 50 % d'aluminium et chauffé 30 mn à 1300°. Après un nouveau tamisage, le produit est porté à 1600° dans une nacelle en graphite. La pression est maintenue au début à 1/100e de millimètre. Elle s'atténue rapidement par suite de la distillation des produits alumineux et elle atteint finalement le vide limite du four, soit 1/2500e de millimètre. Après 15 mn de séjour à cette pression, on cesse de chauffer.

On obtient ainsi, avec un rendement de 54 %, un corps bien cristallisé possédant un léger reflet métallique jaune laiton. Le spectre déterminé avec un monocristal correspond exactement aux données des auteurs américains, soit une maille cubique du type ClNa, sans les raies supplémentaires mentionnées par Strotzer. On observe cependant très généralement de très faibles raies dénotant la présence de traces d'oxysulfure OSU et aussi un très léger déplacement des raies entraînant une minime diminution du paramètre. Ceci correspond à l'existence de solutions solides; par exemple, une diminution de la teneur en soufre de 3,5 % entraîne la variation du paramètre de 5,48 à 5,45.

La composition analytique du produit est la suivante :

	S.	U.
Théorie pour SU	11,87	88,13
Trouvé	11,40	88,50

La densité trouvée 10,31 est inférieure de 0,6 à la valeur théorique 10,91 calculée pour SU et aussi à celle qui correspond à une solution solide SU + U, car une diminution de 1 % en soufre n'abaisserait la densité que de 0,15. Remarquons que le produit contient des traces d'oxysulfure décelables seulement par le spectre X et que la présence de 5 % de OSU ne diminuerait la densité que de 0,065.

Il faut donc finalement admettre que la maille cubique de SU comporte des manques et de soufre et d'uranium. Cette conclusion est alors en accord avec la densité trop faible, avec l'élimination d'uranium sous forme d'alliage avec l'aluminium lors de la préparation et avec l'aspect des spectres X.

La susceptibilité moléculaire a été déterminée par M. Hoarau. Elle est de 4603.10^{-6} C. G. S. Eastman avait indiqué 4180.10^{-6}.

Chauffé à 2200° sur le graphite, SU ne fond pas et ne se carbure pas.

En ce qui concerne les propriétés chimiques, il se dissout dans les acides minéraux, mais il est stable en présence de l'acide acétique, des alcalis fixes et de l'ammoniaque, ce qui le différencie du composé S_2U. L'oxydation par l'air est décelable après 48 h à 160°. Il se produit de l'oxysulfure.

MINÉRALOGIE. — *Données nouvelles sur la recristallisation des minéraux métamictes.* Note de MM. **Jean Orcel**, **Daniel Fauquier** et **Marc Foëx**, transmise par M. Charles Mauguin.

La bétafite métamicte chauffée recristallise en un mélange de deux (ou trois) espèces minérales différentes qui sont les mêmes, qu'on aille ou non jusqu'à la fusion. On ne peut pas trouver dans la mesure de l'énergie de recristallisation le moyen d'atteindre l'énergie de métamictisation.

L'un de nous (1) a fait remarquer que l'altération des minéraux métamictes dans leur gisement, postérieurement à leur formation, pouvait modifier notablement la quantité d'énergie libérée lors de leur retour à l'état cristallin sous l'action de la chaleur.

Par conséquent, l'aire du crochet exothermique des courbes d'analyse thermique différentielle de ces minéraux ne correspondrait qu'à une faible partie de l'énergie absorbée au cours de leur métamictisation.

D'ailleurs, on a montré qu'il en était ainsi, même s'il n'y a pas altération postérieure du minéral (2).

D'autre part, on admet généralement que la métamictisation conduit à une destruction du réseau, insuffisante pour faire obstacle au rétablissement de la structure initiale par l'action de la chaleur.

Or les méthodes actuelles [rayons X (3), méthodes optiques (4)] ne permettent pas de le prouver car elles ne donnent pas de mesure précise du degré de métamictisation.

Il est donc bien difficile de conclure que la chaleur de recristallisation d'un minéral serait proportionnelle au nombre de liaisons rompues dans son réseau (5). On peut même penser que l'état de désordre des atomes est tel, que par accroissement de l'agitation thermique, ceux-ci pourraient se regrouper dans d'autres combinaisons que le minéral initial, appartenant à des niveaux d'énergie inférieurs, par exemple sous formes d'oxydes.

C'est dans le but de déterminer la nature de ces regroupements, que nous étudions la fusion et la recristallisation des niobotantalates et titanates d'uranium, en utilisant le four solaire, afin d'éviter les échanges avec les supports.

---

(1) J. Orcel, *Comptes rendus*, 236, 1953, p. 1052; J. Orcel et C. Levy, *Comptes rendus*, 236, 1953, p. 1177.

(2) P. Pellas, *Comptes rendus*, 236, 1953, p. 619.

(3) P. Pellas, *Bull. Soc. Franç. Minér. Crist.*, 77, 1954, p. 447.

(4) P. Pellas, *Bull. Soc. Fr. Min. Crist.*, 77, 1954, p. 461.

(5) J. L. Kulp, H. L. Volchok et H. D. Holland, *Amer. Min.*, 37, 1952, p. 709.

Nous avons expérimenté ([6]) notamment sur deux bétafites de Madagascar [Tomboarivo n° 147.11 et Ranomafana n° 120.197]. Les échantillons ont été fondus à l'aide d'une des techniques de traitement à haute température par le rayonnement solaire concentré, mises au point au Laboratoire de l'Énergie Solaire de Montlouis. La masse à traiter a été placée au foyer d'un appareil de 2 kW de façon à produire la fusion d'une portion de 1 cm^3 environ.

Après refroidissement sans recuit, on voit déjà à l'œil nu que la masse fondue, brun foncé, possède une cristallinité très nette. L'observation microscopique en lames minces met en évidence dans les deux cas un agrégat de baguettes opaques délimitant des plages de deux autres constituants différents, translucides et biréfringents. L'impression photographique sur plaque nucléaire, d'une section polie de ces agrégats, montre que la radioactivité s'est concentrée dans les constituants biréfringents. Les baguettes opaques sont à peine radioactives.

D'autre part les diagrammes X effectués sur la poudre de ces agrégats sont identiques à ceux que l'on obtient avec les mêmes bétafites après recristallisation sans fusion, consécutive au phénomène exothermique.

Par exemple on obtient pour l'une des bétafites étudiées, les raies caractéristiques correspondant aux équidistances suivantes :

A 1000°..	FF	FF	M		FF			M	F	M		f
	4,06	3,23	3,01	–	2,52	–	–	1,83	1,71	1,66	–	1,56
	f	M	ff			ff	f					
	1,49	1,36	1,24	–	–	1,18	1,14	–	–	–	–	–
Fondu...	FF	FF	F	f	FF	f	f	F	F		f	F
	4,00	3,23	3,01	2,60	2,52	2,20	2,00	1,83	1,71	–	1,59	1,56
	M	M	f	f	f	f	M	f	M	f	M	
	1,49	1,36	1,24	1,22	1,20	1,18	1,15	1,05	1,02	0,99	0,87	–

Il semble donc bien que la bétafite recristallise en donnant un assemblage d'espèces différentes.

Pour le zircon et pour la thorite ([7]) on a constaté que par recristallisation (sans fusion préalable) on obtenait dans certains cas, soit ZrO_2 et de la silice (quartz β ou tridymite) soit ThO_2 et SiO_2.

D'autre part étant donné l'âge (paléozoïque ancien) et la forte radioactivité des bétafites parmi les diverses espèces métamictes on peut considérer que ces minéraux sont parvenus au terme de leur métamictisation.

Par conséquent, la recristallisation des divers individus de cette espèce devrait donner lieu à des libérations d'énergie calorifique voisines.

([6]) F. Trombe et M. Foex, *Colloque du C. N. R. S. sur les Hautes Températures*, Paris, 1954.

([7]) Kostylieva, *Fersman*, *Mem. Vol.*, 1946, p. 27; Stott et Hilliard, *Miner. Mag.*, 27, 1946, p. 198.

Or il n'en est pas ainsi car des échantillons de radioactivité voisine donnent des crochets exothermiques d'ampleur extrêmement variable ([8]). Et si l'on appliquait à ces minéraux la méthode de détermination des âges indiquée par Kulp, Volchok et Holland, on parviendrait à des divergences inadmissibles pour l'âge des pegmatites de Madagascar.

EMBRYOGÉNIE VÉGÉTALE. — *Embryogénie des Boragacées. Développement de l'embryon chez le* Cynoglossum officinale *L.* Note de M. **Pierre Crété**, présentée par M. René Souèges.

Comme le *Cerinthe minor* et l'*Onosma nanum*, qui font partie des Lithospermées, le *Cynoglossum officinale*, qui appartient aux Cynoglossées, tribu dont l'embryogénie nous était encore inconnue, se rattache au mégarchétype II et, par sa tétrade en B_2, au deuxième groupe de la classification périodique.

Les recherches, qui ont porté, ces dernières années, sur l'embryogénie d'une dizaine d'espèces de Boragacées, ont permis d'établir que la famille ne présentait, à ce point de vue, aucune homogénéité. Elles ont démontré l'existence de trois groupes qui se rattachent aux séries A, B et C de la première période de la classification embryogénique de Souèges ([1]). Dans la tribu des Cynoglossées, proche de celle des Éritrichiées par ses fleurs régulières et le mode d'insertion de ses nucules, on ignore, jusqu'à présent, tout du mode de développement de l'embryon. Les résultats que nous avons obtenus en nous adressant au *Cynoglossum officinale* L. ont fait apparaître des différences fondamentales entre cette espèce et l'*Eritrichium strictum* Decne., étudié par nous ([2]), en 1953.

Dans le proembryon bicellulaire (*fig.* 1), la cellule basale se divise transversalement, la cellule apicale obliquement et la tétrade appartient ainsi à la catégorie B_2 caractérisée, au niveau de l'étage apical, par la présence de deux blastomères de forme et de destinées non identiques (*fig.* 2). Les éléments du proembryon octocellulaire (*fig.* 3) présentent une disposition tout à fait caractéristique. La cellule *a* prend une cloison méridienne, la cellule *b*, par contre, une paroi oblique et les quadrants sont disposés en un tétraèdre; l'un d'entre eux, occupant le sommet du proembryon, se différencie en une cellule épiphysaire; dans le même temps, la cellule intermédiaire *m* et la cellule inférieure *ci* de la tétrade se divisent, la première verticalement, la seconde horizontalement. La cellule épiphysaire est à l'origine des initiales de l'écorce et de l'épiderme au sommet de la tige épicotylée. Les cellules qui prennent

([8]) J. Orcel, J. Orcel et C. Levy, *loc. cit.*

([1]) R. Souèges et P. Crété, *Ann. biol.*, 28, 1952, p. 9.

([2]) P. Crété, *Comptes rendus*, 236, 1953, p. 224.

naissance à partir des trois autres quadrants fournissent la partie cotylée *s. stricto*, c'està-dire la zone des deux cotylédons. L'hypocotyle présente une origine mixte : dans sa partie supérieure, il provient de la cellule *m* et correspond à la tige hypocotylée; dans sa partie inférieure, il s'édifie à partir de la cellule *n*, isolée vers le haut par le cloisonnement transversal de la cellule inférieure *ci* de la tétrade, et représente le rudiment de la racine.

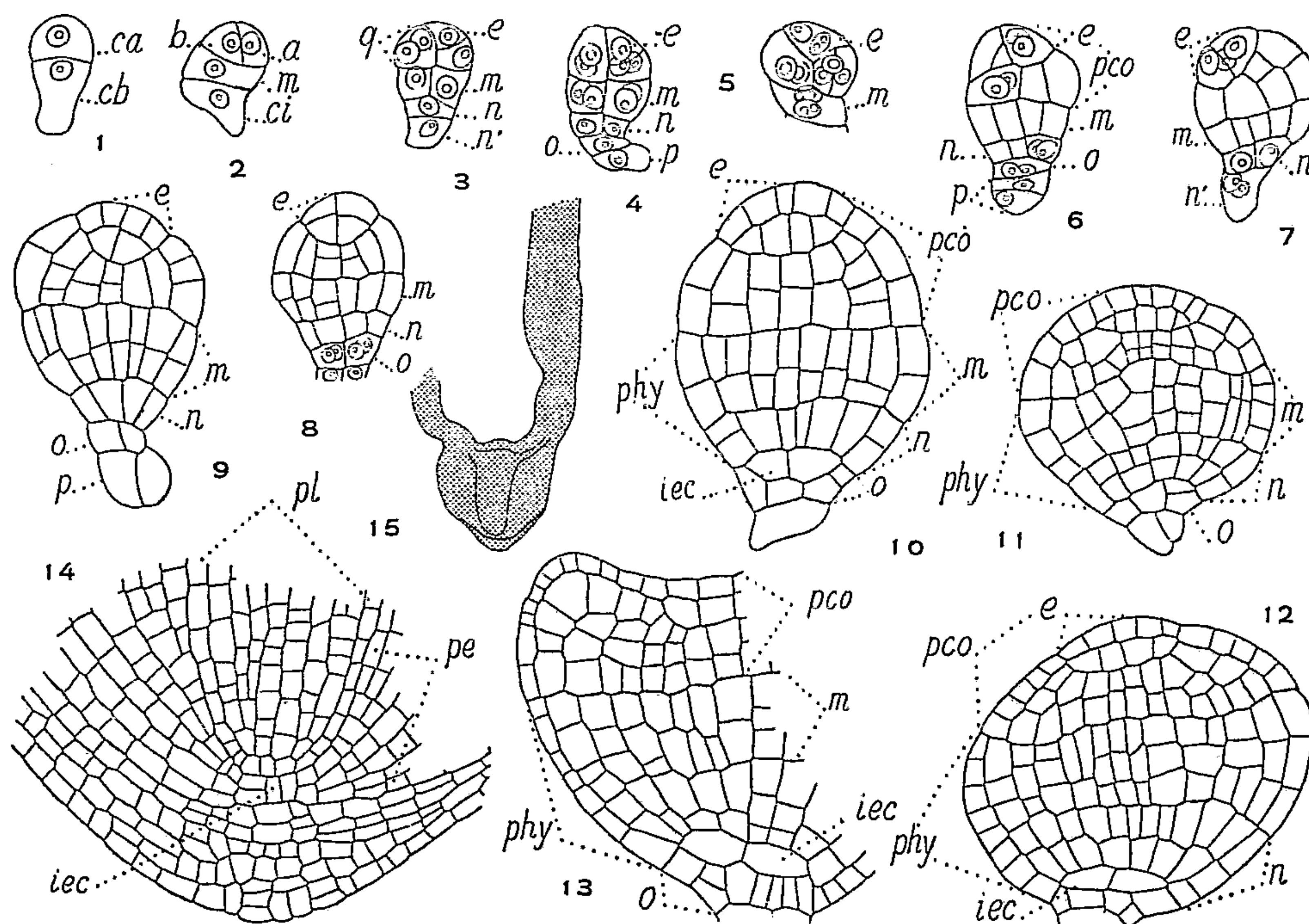


Fig. 1 à 15. — *Cynoglossum officinale* L.

Les principaux termes du développement de l'embryon. *ca* et *cb*, cellule apicale et cellule basale du proembryon bicellulaire; *m*, cellule-fille supérieure de *cb* ou rudiment de la tige hypocotylée; *ci*, cellule-fille inférieure de *cb*; *a* et *b*, cellules-filles de *ca*; *q*, quadrants; *e*, épiphyse; *n*, cellule-fille supérieure de *ci* ou rudiment de la racine; *n'*, cellule-fille inférieure de *ci*; *o* et *p*, cellules-filles de *n'*; *pco*, partie cotylée *sensu lato*; *phy*, partie hypocotylée; *pe*, périblème; *pl*, plérome; *iec*, initiales de l'écorce de la racine. En 15, aspect général du proembryon correspondant aux détails figurés en 14. G. = 370; 250 pour les fig. 11 à 13; 240 pour la fig. 14; 25 pour la fig. 15.

La cellule *n'*, sœur de *n*, se divise généralement en deux éléments superposés, *o* et *p* (*fig*. 4). La cellule *o* donne naissance à deux (*fig*. 7), puis quatre (*fig*. 8) cellules circumaxiales. Des parois obliques isolent, dans ces cellules (*fig*. 11 à droite) ou dans leurs descendantes, en haut, les initiales de l'écorce au sommet radiculaire, en bas, les initiales du primordium de la coiffe (*fig*. 10 à 14). La cellule *o* donne donc une véritable hypophyse. Le suspenseur, peu développé, provient de la cellule *p*. Plus rarement, la cellule *n'* se divise à l'aide d'une paroi, peut-être verticale ou au moins oblique (*fig*. 7).

Le *Cynoglossum officinale* diffère radicalement par sa tétrade en B_2, de l'*Eritrichium strictum*, dont la tétrade appartient à la catégorie C_2. Son embryogenèse confirme, par contre, et en offrant même des formes plus régulières, ce qui a été observé chez le *Cerinthe minor* L. (3) et l'*Onosma nanum* DC. (4), qui appartiennent l'un et l'autre à la tribu des Lithospermées. Ce nouvel exemple confirme l'intérêt présenté par l'application, à l'étude systématique des Boragacées, des données embryogéniques qui doivent permettre de remanier complètement la classification de la famille et de déterminer, avec précision, les rapports phylogénétiques des nouveaux groupements.

BIOLOGIE. — *Évolution des pigments caroténoïdes de l'hypoderme au cours de la formation des nouveaux téguments chez le Crabe* Carcinus mænas. Note de M. **Roland Lenel**, transmise par M. Louis Fage.

Les pigments caroténoïdes de la carapace des Crabes résultent d'une évolution au cours des formations préexuviales de ceux de l'hypoderme.

La nature des pigments caroténoïdes présents dans la carapace du Crabe *Carcinus mænas* a été indiquée dans une Note récente (1). Rappelons que nous avons extrait de cette partie de l'animal deux pigments principaux : une xanthophylle en général entièrement hypophasique, ayant une courbe spectrophotométrique à trois maxima vers 422, 444 et 473 mμ dans l'hexane et éluée d'une colonne d'alumine « standardisée d'après Brockmann » par une solution d'éther de pétrole saturé de méthanol; l'astaxanthine totalement hypophasique à maximum unique à 470 mμ dans l'hexane et fortement adsorbée sur la même colonne chromatographique sans être éluée par la solution précédente. Ce sont ces pigments qui, à l'état de combinaisons protéiques, colorent de teintes variables la couche pigmentaire de la carapace.

Or, depuis les travaux de Vitzou (2), on sait que le squelette tégumentaire est secrété par l'épithélium. La couche pigmentaire, plus exactement appelée par Drach (3) couche préexuviale, se formant avant la mue et la couche principale après la mue. D'autre part, Verne (4) a montré que les pigments de la carapace avaient pour origine les ramifications des chromatophores de l'hypoderme qui se trouvent inclus dans les strates des téguments en formation.

Une partie des caroténoïdes de l'hypoderme se retrouve donc dans la cara-

(3) R. Souèges, *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 200.
(4) R. Souèges, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 2164.

(1) *Comptes rendus*, 240, 1955, p. 2020.
(2) *Arch. Zool. Expér.*, 10, p. 1882.
(3) *Ann. Inst. Océan.*, 19, fasc. 3, 1939.
(4) *Thèse*, Paris, 1921.

pace à la mue suivante. Il était alors intéressant de suivre l'évolution et de comparer ces pigments, initialement de même nature, mais se trouvant par la suite dans des situations différentes. Nous avons extrait séparément les caroténoïdes de l'hypoderme, des nouveaux téguments dans le cas des animaux D_2, D_3, D_4, et de la carapace d'un même crabe ainsi que ceux des exuvies des animaux ayant mué et qui ont été étudiés par la suite en A, B ou C.

L'analyse de l'hypoderme nous a révélé plusieurs pigments dont il est très difficile de définir la nature exacte tant leurs propriétés semblent voisines et leurs proportions en général très variables. Nous y avons mis en évidence :

— un pigment jaune adsorbé sur colonne d'alumine d'où il est élué par l'éther de pétrole additionné de traces de méthanol, ayant une courbe spectrophotométrique à deux maxima principaux à 423 et 448 mμ dans l'éther de pétrole mais montrant aussi deux maxima bien plus faibles vers 398 et 473 mμ; il est épiphasique avant la saponification et hypophasique après, la forme de la courbe n'étant pas modifiée. Il ne nous est pas possible pour le moment de placer ce caroténoïde dans la nomenclature de ceux déjà identifiés.

— un pigment rose orange à propriétés chromatographiques identiques au précédent, ce qui complique son étude, dont la courbe révèle un seul maximum vers 450 mμ dans l'éther de pétrole et à propriété épiphasique. Après la saponification, ce pigment se transforme en astacine, ce qui est caractéristique de l'astaxanthine, alors que les autres propriétés sont très différentes.

Nous avons d'ailleurs, chez d'autres individus, trouvé dans l'hypoderme d'autres pigments de même couleur, ayant sensiblement mêmes propriétés et dont la courbe a un maximum unique vers 460 ou 470 mμ selon les cas; ils sont toujours épiphasiques et se transforment tous en astacine par saponification.

Nous sommes donc en présence de caroténoïdes voisins de l'astaxanthine typique à courbes de même forme mais décalées, parfois jusqu'à 20 mμ, vers les courtes longueurs d'ondes. Nous retrouvons ici, ce que nous avons déjà signalé ([5]), et nous acceptons les conclusions d'autres auteurs ([6]) qui, trouvant ces mêmes phénomènes dans le cas de la Crevette *Aristeomorpha foliacea*, envisagent l'existence de formes stéréoisomères de l'astaxanthine.

Pour les nouveaux téguments prélevés sous la carapace, les résultats ont été très variables selon les animaux. Dans certains, les pigments trouvés furent identiques, soit à ceux de la carapace, soit à ceux de l'hypoderme du même individu; pour d'autres, nous avons trouvé un mélange de certains d'entre eux; quelquefois même nous avons vu apparaître des pigments légèrement différents, ayant des propriétés chromatographiques et spectrophotométriques

---

([5]) *Comptes rendus*, 236, 1953, p. 1449.

([6]) R. Grangaud, C. Chechan et M[lle] R. Massonet, *C. R. Soc. Biol.*, 144, 1950, p. 1025.

nettement intermédiaires. Enfin, les exuvies nous ont toujours donné les mêmes pigments que la nouvelle carapace du même Crabe.

De toutes ces constatations, il ressort que les pigments caroténoïdes trouvés dans l'hypoderme sont toujours différents de ceux de la carapace, que leur transformation a lieu au moment de la formation de la couche préexuviale donc en D_1 et qu'il n'est pas impossible qu'elle se continue jusqu'à la mue (D_4). Après l'exuviation, une fois A_1, nous n'avons jamais constaté de modifications dans la nature des caroténoïdes de la couche pigmentaire, malgré certaines « modifications chimiques importantes » mentionnées par Drach ([3]) (p. 292) à propos d'autres sujets.

Remarquons aussi une certaine analogie entre les proportions des pigments de même « couleur » : si un hypoderme contient peu de pigments jaunes, les nouveaux téguments et la carapace contiendront de même peu de pigments jaunes de propriétés pourtant différentes.

Nous en concluons que les pigments de l'hypoderme donneront bien, après transformation chimique, les pigments « spécifiques » de la carapace. On constate d'ailleurs que tous les caroténoïdes de l'hypoderme sont épiphasiques et facilement élués de la colonne chromatographique, et que leurs courbes spectrophotométriques ont des maxima situés à des longueurs d'ondes plus basses par rapport à ceux du pigment des carapaces; ceux-ci sont en outre tous hypophasiques donc difficiles à éluer de la colonne. C'est donc dans le sens d'une complication de la molécule que se fait la transformation de ces caroténoïdes.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur la clarification du sérum lipémique par l'héparine* in vitro. Note de MM. **Meier Burstein** et **Jean Samaille**, présentée par M. Léon Binet.

On sait depuis les travaux de Hahn ([1]) que l'injection intraveineuse d'héparine clarifie le sérum lipémique, en faisant disparaître les chylomicrons. Par contre, *in vitro*, l'héparine s'avère inefficace et ne diminue pas la densité optique du sérum.

Or, nous avons pu constater qu'il n'en est pas de même en présence d'un excès de calcium. En effet, lorsqu'on ajoute à un volume de sérum lactescent (lipémie post-prandiale chez l'Homme, lipémie post-hémorragique chez le Lapin, néphrose lipoïdique chez un malade), un dixième de volume d'une solution de $CaCl_2M$ et un dixième de volume d'une solution d'héparine à 5 %, le mélange se trouble instantanément; après centrifugation (10 mn à 10 000 t/mn), on obtient un sérum parfaitement clair, à la surface duquel

([1]) *Science*, 98, 1943, p. 19.

les chylomicrons agglomérés forment une pellicule graisseuse. Dans les mêmes conditions, un sérum transparent, non lipémique, ne donne aucun trouble. Il n'y a donc que les chylomicrons, constitués essentiellement par des graisses neutres, dont l'état physique soit modifié *in vitro* en présence de $CaCl_2$ et d'héparine.

Le dosage des lipides (méthode de Delsal) nous a montré que le sérum lipémique, additionné d'héparine et de chlorure de calcium, perd après centrifugation une fraction importante de ses lipides. On retrouve ceux-ci dans le surnageant.

Taux des lipides, en grammes,
par litre de sérum avant et après adjonction d'héparine et de $CaCl_2$.

10 cm^3 de sérum + 1 cm^3 d'une solution d'héparine à 5 % + 1 cm^3 d'une solution de $CaCl_2$ M.
n°s 1 à 6 : sérums prélevés chez des donneurs au cours de la période post-prandiale;
n° 7 : sérum de Lapin rendu hyperlipémique par des hémorragies répétées.

N°...............	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.
Avant.........	11	8,8	10	9	9,50	8,50	18
Après.........	4,7	4,4	5,40	4,50	4,20	4,50	6

Notons que ni l'héparine seule, ni le $CaCl_2$ seul, ni la centrifugation seule ne font baisser le taux des lipides du sérum lipémique.

La concentration minima d'héparine qui permet une clarification complète d'un sérum fortement lipémique est de 2 à 3 mg d'héparine par centimètre cube de sérum. Avec des concentrations plus faibles, le sérum n'est que partiellement clarifié après centrifugation, et la pellicule surnageante est plus mince. Un excès d'héparine (5 à 10 mg/cm^3 de sérum) ne change pas le taux des lipides rendus insolubles.

En ce qui concerne la solution calcique, il faut qu'elle soit au moins moléculaire (1 volume de sérum + 0,1 volume de la solution calcique). Avec une solution 0,5 M la clarification du sérum est incomplète.

Conclusions. — L'addition d'héparine et de chlorure de calcium à un sérum lipémique *in vitro* rend celui-ci transparent après centrifugation. En même temps, le taux des lipides sériques baisse. La clarification du sérum par délipidation partielle est due à l'insolubilisation des chylomicrons qui forment une pellicule à la surface du sérum.

La séance est levée à 15 h 25 m.

L. B.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus pendant les séances de juillet 1955

(suite et fin).

Année géophysique internationale. Bulletin d'information n° 5 du Comité spécial de l'Année géophysique internationale. (CSAGI). Reprint from *IUGG News letter*, n° 11, 1955, Uccle, Secrétariat général du CSAGI, published by The international Union of geodesy and geophysics. London, Butterworths scientific publications, 1955; 1 vol. 25 cm.

Nyare undersökningar över skogsträden mykorrhizasvampar och det fisiologiska waxelspelet mellan dem och trädens rötter, av Elias Melin. Thèse. Uppsala, Almqvist and Wiksells Boktryckeri AB, 1955; 1 fasc. 23,5 cm.

Chromatography combined with automatic recording of electrolytic conductivy, by Birger Drake. Stockholm, Esselte AB, 1955; 1 fasc. 23 cm.

Relative intensites of the X-ray K lines of heavier elements, by Olof Beckman, in *Arkiv för fisik*. Band 9, n° 32. Stockholm, Almqvist and Wiksells Boktrykeri AB. London, H. K, Lewis. Paris, C. Klincksieck, 1955; 1 fasc. 24 cm.

Some properties of the soft component of cosmic radiation. Neutral Mesons. Bremsstrahlung, by A. Gösta Ekspong, Uppsala, Almqvist and Wiksells Boktryckeri AB, 1955; 1 fasc. 24 cm.

A study of some properties of ionic crystal, by Stig O. Lundqvist. Uppsala, Almqvist and Wiksells Boktryckeri AB, 1955; 1 fasc. 24 cm.

Studies on myxobacteria with special reference to growt conditions and bacteriolytic activity, by Börje Norén. Uppsala, Almqvist and Wiksells Boktryckeri AB, 1955; 1 fasc. 23 cm.

Studies an phosphoproteins, by Carl-Henric de Verdier. Uppsala, Almqvist and Wiksells Boktryckeri AB, 1955; 1 fasc. 22,5 cm.

Diatoméerna I långans sjövegetation, av Nils Quennerstedt, in *Acta phytogrageophica Suecica*, 36. Thèse, Uppsala, Almqvist and Wiksells Boktryckeri AB, 1955; 1 fasc. 27 cm.

Les grands problèmes des sciences. Ouvrages réunis par Mme P. Février. IV. *La théorie du champ unifié d'Einstein et quelques-uns de ses développements*, par Marie-Antoinette Tonnelat. Préface d'André Lichnerowicz. Paris, Gauthier-Villars, 1955; 1 vol. 25 cm (présenté par M. Louis de Broglie).

Cahiers scientifiques publiés sous la direction de M. Gaston Julia. Fascicule XIX. *Introduction mathématique aux théories quantiques*, par Gaston Julia. Deuxième partie Deuxième édition remaniée et augmentée à partir de leçons rédigées par M. R. Marrot. Paris, Gauthier-Villars, 1955; 1 vol. 25 cm.

Id. Fasc. XXII. — *Représentation conforme et transformations à intégrale de Dirichlet bornée*, par Mme JACQUELINE LELONG-FERRAND. Paris, Gauthier-Villars, 1955; 1 vol. 25 cm (présenté par M. Gaston Julia).

Les rongeurs domestiques nuisibles. Aperçu sur leur légende, leur histoire, leur vie, les dangers qu'ils représentent et les moyens de les combattre, par J. LHOSTE. Paris, Dunod, 1955; 1 vol. 21 cm.

Société géologique de Belgique. *Prodrome d'une description géologique de la Belgique*, publiée sous la direction de PAUL FOURMARIER, avec la collaboration de divers. En annexe, une carte géologique à l'échelle du 500 000e dressée par P. DE BÉTHUNE. (Hommage de la Société géologique de Belgique à son secrétaire général honoraire Paul Fourmarier à l'occasion de son LXXVe anniversaire (1877-1952). Liège, H. Vaillant-Carmanne, 1954; 1 vol. 32 cm.

Institut des Parcs nationaux du Congo belge. *Les Parcs nationaux du Congo belge*. Bruxelles, 1955, 1 vol. 21 cm.

Id. Exploration du Parc National Albert. Mission G. F. de Witte (1933-1935). Fascicule 84. *Cicadellidæ (Hemiptera homoptera)*, by JOHN WILLIAM EVANS (Sydney). Mission J. de Heinzelin de Braucourt (1950). Fascicule 1. *Le fossé tectonique sous le parallèle d'Ishango*, par JEAN HEINZELIN DE BRAUCOURT (Bruxelles). Exploration du parc national de l'Upemba. Mission G. F. de Witte, en collaboration avec W. Adam, A. Janssens, L. Van Meel et R. Verheyen (1946-1949). Fascicule 37. *Cicadellidæ (Hemiptera homoptera)*, by JOHN WILLIAM EVANS (Sydney). Fascicule 39. *Osoriinæ (Coleoptera polyphage) Fam. Staphylinidæ*, par GASTON FAGEL (Bruxelles). Exploration du Parc national de la Kagera. Mission J. Lebrun (1937-1938). Fascicule 2. *Esquisse de la végétation du Parc national de la Kagera*, par J. LEBRUN (Bruxelles). Bruxelles, 1955; 5 fasc. 28 cm.

Université de Paris. Les Conférences du Palais de la Découverte. Série A, n° 206 : *Les phénomènes de la sexualité chez les champignons*, par M. FERNAND MOREAU. N° 207 : *Les preuves de la rotation de la terre*, par M. HENRI BEGHIN. N° 208 : *Un aspect du travail scientifique à Strasbourg : les sciences de la nature*, par H. J. MARESQUELLE. Série D, n° 35 : *Histoire de la Parasitologie*, par M. H. HARANT. Paris, 1955; 4 fasc. 18 cm.

Une question controversée. Vauquelin fut-il membre de l'Académie des sciences?, par MAURICE BOUVET, in *Revue d'histoire de la Pharmacie*, n° 145, juin 1955. Paris, Société de la Pharmacie; 1 fasc. 24 cm.

Bibliothèque de philosophie contemporaine fondée par Félix Alcan. Logique et philosophie des sciences, section dirigée par GASTON BACHELARD. *Lavoisier, théoricien et expérimentateur*, par MAURICE DAUMAS. Paris, Presses universitaires de France, 1955; 1 vol. 23 cm.

Nuclear power reactors. A Report to the U. S. Atomic Energy Commission, by the Nuclear power project staff of FOSTER WHEELER CORPORATION, New York and PIONEER SERVICE AND ENGINEERING Co, Chicago. Volume II. Washington, U. S. Atomic Energy Commission, March 1955; 1 fasc. 23 cm.

ANL-5410. Argonne National Laboratory. *Manual of special materials analytical Laboratory procedures*, compiled by JAMES H. PATTERSON. University of Chicago, March 1955; 1 fasc. 27,5 cm.

Phénomènes de toujours et conception d'aujourdhui : La réaction en chaîne, par PIERRE MONNET. Extrait du *Bulletin de la Société d'Études des Hautes-Alpes*, année 1955. Gap, Imprimerie Ribaud, 1955; 1 fasc. 25 cm.

Une expérience de correction torrentielle donnerait-elle la clé du phénomène des transports solides par les eaux courantes?, par PIERRE MONNET. Extrait de la *Revue de géographie alpine*, Grenoble, s. d.; 1 fasc. 25 cm.

Festschrift der Arbeitsgemeinschaft für Forschung des Landes Nordrhein-Westfalen zu Ehren des Herrn ministerpräsidenten Karl Arnold, anlässich des fünfjährigen Bestehens der Arbeitsgemeinschaft für Forschung am 4. Mai 1955. Köln und Opladen, Westdeutscher Verlag, 1955; 1 vol. 24 cm.

Bibliographia araneorum. Analyse méthodique de toute la littérature aranéologique jusqu'en 1939, par PIERRE BONNET. Tome II (1re partie: A-B). Toulouse, Imprimerie Douladoure, 1955; 1 vol. 25 cm (présenté par M. Maurice Caullery).

Colloques internationaux du Centre National de la Recherche scientifique. LV. *Principes fondamentaux de classification stellaire*. Paris, 29 juin-4 juillet 1953. Paris, Centre National de la Recherche Scientifique, 1955; 1 vol. 24 cm.

Les préoccupations des minéralogistes français au XVIIIe siècle. *Précisions sur la biographie du mathématicien Vandermonde et de sa famille. Quelques aspects de la personnalité de Lavoisier*, par ARTHUR BIRAMBAUT, extraits des *Actes du Congrès de Luxembourg*. 72e session de l'Association française pour l'avancement des sciences (juillet 1953); 3 fasc. 24 cm.

Comité national français de géodésie et de géophysique. *Carte gravimétrique de France. Anomalies isostatiques calculées dans l'hypothèse d'Airy.* T = 30 *km avec la densité* 2,67 *par rapport aux valeurs normales sur l'ellipsoïde international* (1930) échelle: 1/1 000 000e. Dressée au Bureau gravimétrique sous la direction du R. P. PIERRE LEJAY, par Mlle SUZANNE CORON avec le concours de Mmes DUQUESNE et HUSSON. 2 cartes 105,5 × 62,5 (présentées par M. Pierre Lejay).

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 5 SEPTEMBRE 1955.

PRÉSIDENCE DE M. ARMAND DE GRAMONT.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. **Francis Perrin** signale à l'Académie la présence de M. **Émile Gumbel**, professeur à la Columbia University. M. le Président souhaite la bienvenue à celui-ci et l'invite à prendre part à la séance.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Valeurs internationales des sections efficaces des isotopes fissiles pour les neutrons thermiques.* Note de M. **Francis Perrin**.

A la séance 17 A (1) de la Conférence Internationale sur l'utilisation de l'Énergie atomique à des fins pacifiques, furent présentées un grand nombre de données récemment déclassées du secret, concernant les sections efficaces des isotopes fissiles ^{233}U, ^{235}U et ^{239}Pu. L'exposé des mesures nombreuses effectuées dans le domaine des basses énergies aboutit à un accord excellent pour ces isotopes, importants pour les projets de réacteurs. Sur l'initiative du Président, les physiciens des États-Unis, de France, de Grande-Bretagne et de l'Union des Républiques Socialistes Soviétiques, se réunirent après la séance pour discuter des sections efficaces d'absorption et de fission de ces isotopes pour des neutrons de 2200 m/s. Il fut décidé de dresser une liste des valeurs moyennes des mesures de ces sections efficaces faites dans le monde, qui puisse être utilisée pour coordonner les calculs de réacteurs basés sur ces sections efficaces. Ces valeurs moyennes sont données ci-dessous; les erreurs indiquées proviennent de la dispersion des résultats et sont parfois supérieures à celles avec lesquelles sont données les valeurs individuelles.

	σ (barns) Absorption.	σ (barns) Fission.
^{233}U	593 ± 8	524 ± 8
^{235}U	698 ± 10	590 ± 15
^{239}Pu	1032 ± 15	729 ± 15

(1) Séance 17 A, 17 août 1955, « Sections efficaces des isotopes fissiles »; Président : D. J. Hughes (États-Unis); Vice-Président : D. Popovic (Yougoslavie).

CORRESPONDANCE.

ÉLECTRICITÉ. — *Étude de l'influence de la température sur la conductibilité des isolants à l'état liquide.* Note (*) de M. **Robert Guizonnier**, présentée par M. Gaston Dupouy.

Conditions de cette étude. — Il n'est question en ce travail que du courant initial i_0, obtenu dès l'application de la différence de potentiel. Ce courant a été mesuré par une méthode de zéro, permettant d'apprécier 10^{-13} ampère [1].

Dix huit produits ont été étudiés : trois corps purs [2], six huiles isolantes [3], neuf isolants fondus [4]. Les électrodes étaient en cuivre nickelé, distantes entre elles de 5 mm; les champs utilisés n'excédaient pas 2 kV/cm.

La température a varié au maximum, dans le cas des isolants, liquides à température ordinaire, de (— 10°) à 60°, dans le cas des isolants fondus, de la température de fusion finissante à 90°.

Lien entre l'intensité initiale i_0 et la température absolue T. — Dans le cas du sulfure de carbone, il se forme sur l'électrode au sol, par effet de la différence de potentiel appliquée, un dépôt de soufre, dont la résistance fausse les résultats concernant la conductibilité du liquide. Si, pour chacun des 17 produits restants, on porte, en ordonnées les valeurs de $\log i_0$, en abscisses celles de $1/T$, on obtient une droite d'équation

$$\log i_0 = a - \frac{b}{T} \tag{1}$$

d'où

$$i_0 = A e^{-\frac{B}{T}} \tag{2}$$

Pour 12 produits utilisés, la pente b de ces droites, comme l'indiquent les figures ci-contres, est la même; pour les 5 autres [5] les pentes sont, en général, supérieures à la valeur commune b ci-dessus, et décroissent à mesure que s'atténue le degré d'humidité du produit.

(*) Séance du 25 juillet 1955.

(1) Voir *Revue génér. électr.*, 62, n° 5, 1953, p. 247-254.

(2) Tétrachlorure de carbone (en collaboration avec P. Mourcin), benzène, sulfure de carbone.

(3) Huile de paraffine, deux huiles pour transformateurs dont l'une A est moins isolante que l'autre B. Une huile de silicone (en collaboration avec R. Gibaud), huile de vaseline jaune, huile de vaseline incolore.

(4) Colophane et cire d'abeille (en collaboration avec J. Ursule), paraffine, cire de Carnauba, cires microcristallines dont les points de fusion s'étendent de 60 à 90°, et que nous désignerons, dans l'ordre croissant de conductibilité, par les lettres A, B, C, D, E.

(5) Huile de paraffine, huile de vaseline incolore, huile de silicone, huile pour transformateurs B, cire Carnauba.

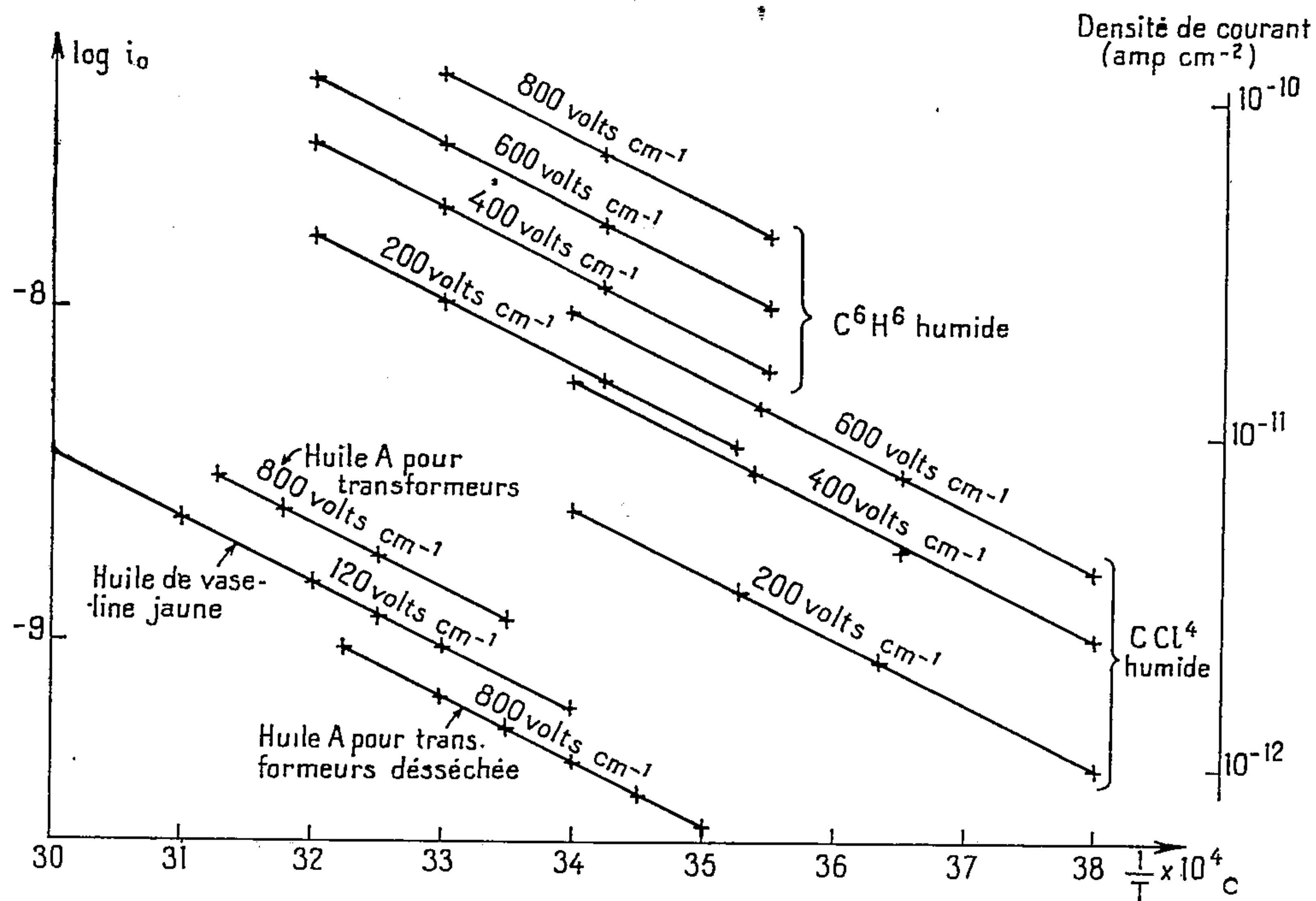


Fig. 1. — Vérification de la relation $i_0 = Ae^{-\frac{W}{kT}}$ (W énergie d'activation) dans le cas du tétrachlorure de carbone, du benzène et de certaines huiles. A droite est indiquée la densité de courant correspondant aux logarithmes indiqués à gauche (électrodes cylindriques coaxiales, diamètres 4,5 et 5,5 cm, hauteur 9 cm, intervalle 5 mm).

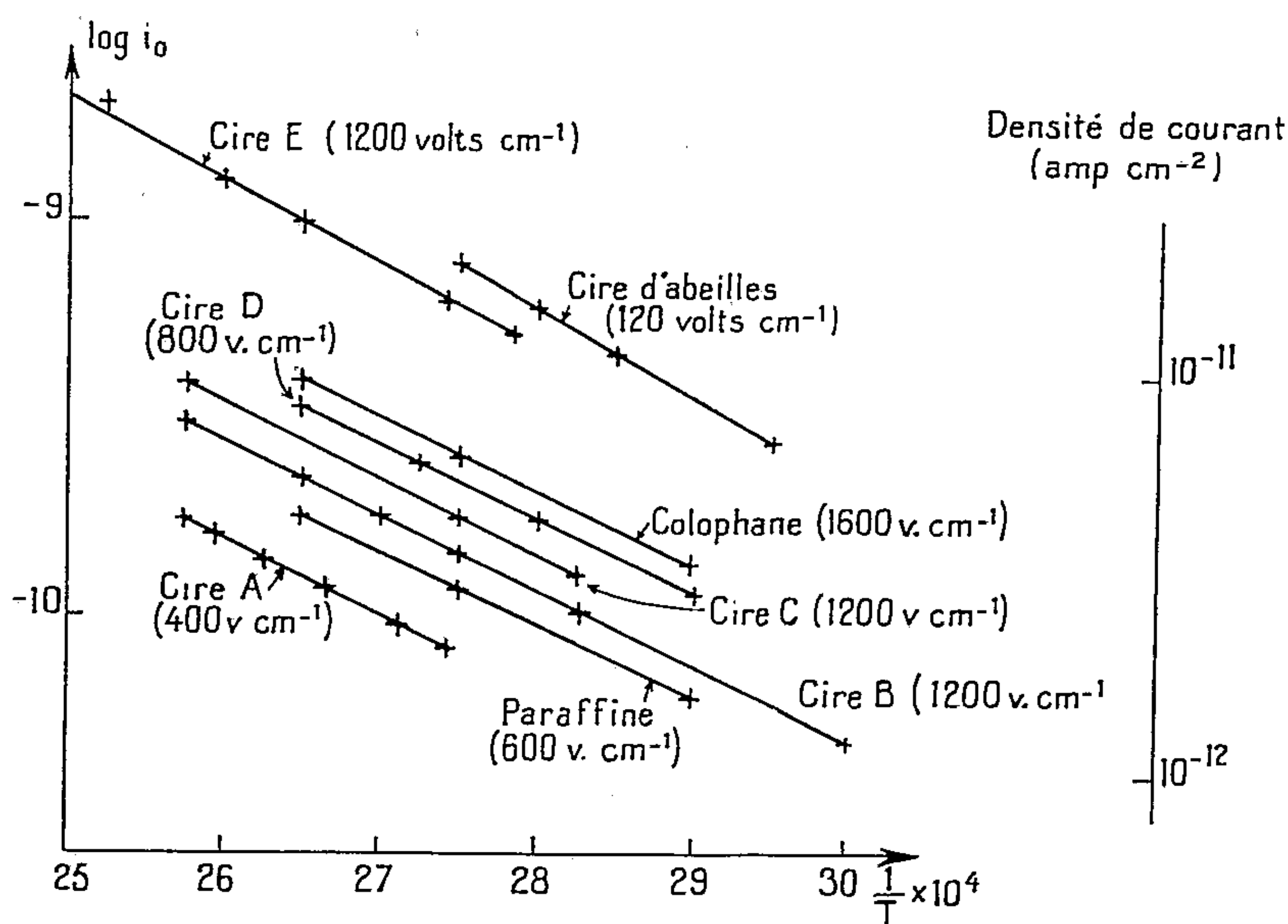


Fig. 2. — Vérification de la relation $i_0 = Ae^{-\frac{W}{kT}}$, dans le cas de solides isolants fondus, la pente moyenne est celle des droites de la figure 1 (électrodes planes 5 cm × 5 cm, intervalle 5 mm).

La forme de la relation (2) nous permet de penser que, sont seules utiles au courant initial, les particules, qui, à un certain instant, reçoivent du fait de l'agitation thermique, une énergie W, telle qu'elles puissent franchir une certaine barrière du potentiel, alors (2) s'écrit

$$i_0 = A\,e^{-\frac{W}{kT}}$$

où k est la constante de Boltzmann. D'après la pente moyenne des droites des graphiques ci-dessus, on déduit W = 0,41 eV. Lepage et Dubridge [6] ont étudié la conductibilité du toluène, et ont trouvé, dans des conditions proches de nos conditions expérimentales, également 0,41 eV; la même valeur se déduit de l'étude de Chia San Pao [7] en ce qui concerne l'isoctane.

CHIMIE GÉNÉRALE. — *Sur le coefficient apparent de température des flammes normales des hydrocarbures à des pressions inférieures à la pression atmosphérique.* Note de M. **Eugène Freling**, transmise par M. Paul Pascal.

La théorie thermique et la théorie des réactions en chaînes [1] donnent pour la courbe critique d'auto-inflammation d'un mélange combustible la même relation :

$$\log\frac{P}{T} = \frac{A}{T} + B$$

avec $A = E \log e/nR$, coefficient apparent de température; $P = P_c + P_{O_2}$; P_c, P_{O_2} : pressions partielles de combustible et d'oxygène; T : température absolue; E, n : énergie d'activation et ordre de réaction du processus global. A dépend du processus d'oxydation, il est indépendant du réacteur et de la composition du mélange dans la mesure où ces facteurs n'influent pas sur le processus d'oxydation. B est fonction de la composition du mélange et du réacteur. Semenoff [1a] a étudié A pour mettre en évidence les variations du processus d'inflammation des carbures paraffiniques (température $> 450°$C; pression < 1 atm). Il a montré que les valeurs de A déterminées d'une part a partir des courbes critiques et d'autre part à partir de l'oxydation lente sont égales et constantes. Néanmoins, certaines expériences [1b] conduisent à des valeurs très différentes qui sont attribuées à des erreurs fortuites. Nous avons repris cette étude en tenant compte de nos expériences et de celles d'autres auteurs [2] à [7].

---

(6) *Phys. Rev.*, 58, 1940, p. 54.
(7) *Phys. Rev.*, 64, 1943, p. 72.

(1) N. N. Semenoff, *Chemical kinetics and chain reactions*, Oxford, 1935, p. 79; *a*, p. 295; *b*, p. 321; 333.
(2) M. Vanpée et G. Fally, *Bull. Soc. Chim. Belg.*, 61, 1952, p. 474-491.
(3) A. B. Sagulin, *Z. Physik. Chem.*, 1 B, 1928, p. 275-291.
(4) P. Dugleux et E. Fréling, *Rev. Inst. Franç. Pétrole*, 4, 1949, p. 459-467.

Composition		Réacteur nature	Réacteur diamètre cm	A	Température °C	Références
$CH_4 + xO_2$	x = 0,5	silice transparente	4,6	2 700	>600	(2)
				1 250	<600	
	x = 1			4 200	>680	
				1 900	<680	
			2,6	4 000	>700	
				1 700	<700	
	x = 2		4,6	2 300	<670	
		non précisé		7 000	>630	(3)
		silice transparente	2,75	3 900	600 <- <670	
	x = 0,84			2 900	>660	
				1 400	<660	
$C_2H_6 + xO_2$	1 ⩽ x ⩽ 4	pyrex	non précisé	3 900	<600	(5)
	x = 5,3			3 600	>500	
				5 000	<500	
	x = 3,5	non précisé		4 900	<680	(3)
				7 000	>680	
	x = 0,33	silice transparente	2,75	3 100	<500	
	x = 1,53			4 200	<530	
	x = 3,76	silice opaque	2,65	3 200	<610	(4)
				4 500	>610	
$C_5H_{12} + xO_2$	x = (2; 8; (20; 51;	non précisé		2 200	<680	(3)
				7 000	>680	
	1 ⩽ x ⩽ 4	silice transparente	2,8	2 500	500 <- <700	(6)
	x = (8; 10			2 500	<600	
				4 100	>600	
$C_6H_{14} + xO_2 + yN_2$	x = 10; y = 39	silice transparente	2,75	3 000	<700	
		même réacteur + fil de platine		4 800	>700	
				3 000	<700	
	x = 2,8; y = 10,5	silice transparente	2,95	2 050	450 <- <730	(7)
	x = 6,8; y = 25,6			2 800	450 <- <640	
	x = 21; y = 78			4 000	500 <- <680	

Dans le tableau ci-dessus, nous donnons les valeurs de A pour divers carbures. Pour un mélange donné, la courbe critique en coordonnées log(P/T, 1/T) n'est pas une droite mais une courbe qui présente deux portions rectilignes situées, l'une à des températures voisines de 500° C et l'autre à des températures supérieures à 600° C. A basse température A est en général plus petit qu'à haute température. La transition entre ces valeurs se fait d'une façon continue dans des intervalles de pression et de température plus ou moins

(5) H. A. Taylor et E. W. Riblet, *J. Phys. Chem.*, 35, 1931, p. 2667-2675.

(6) P. Dugleux et E. Fréling, *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 349.

(7) E. Fréling et P. Laffitte, *Trans. Farad. Soc.*, 42, 1946, p. 328-335.

étendus. Pour un carbure donné, A prend des valeurs différentes lorsque la concentration (P_c/P_{O_2}) varie entre celles des mélanges très pauvres et très riches. Le fait que l'on trouve toujours deux valeurs de A différentes à moyenne et haute température, quelles que soient les conditions expérimentales, implique que l'inflammation relève de deux processus en chaîne thermique distincts. Le premier dépend principalement de la concentration et de la structure de l'hydrocarbure (rupture des liaisons C—H) avec prépondérance de l'effet chaîne ([8]), tandis que le second est pratiquement indépendant de la structure (rupture des liaisons C—C), il dépend surtout de la concentration d'oxygène; dans ce cas l'effet thermique joue un rôle beaucoup plus important. A haute température A doit avoir la même valeur pour tous les carbures. Dans des conditions non précisées, Sagulin a trouvé A = 7000 (mélanges stœchiométriques). L'examen du tableau ci-dessus montre que pour des réacteurs de diamètre compris entre 5 et 2 cm, A est compris entre 4000 et 5000 mais on n'atteint pas 7000. Cette valeur a peut-être été obtenue avec des réacteurs plus grands ou plus petits; en effet, on sait que les parois peuvent produire (faibles pressions) une catalyse hétérogène-homogène qui modifie A. L'introduction de ce type de réaction dans le processus d'inflammation serait susceptible d'interpréter les variations obscures de A, la théorie dans un but de simplification n'attribuant aux parois qu'une action de rupture des chaînes.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur une nouvelle méthode d'obtention des furannes.* Note de MM. **Hubert Fritel** et **Pierre Baranger**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

L'action de l'acide perbenzoïque sur la cyclohexénylacétone suivie d'un réarrangement en milieu acide du produit d'oxydation, fournit le méthyl-2-cyclotétraméthylène-4.5-furanne ou l'acétonylcyclohexanone. Dans des conditions analogues, la cycloheptènylacétone ne donne que le furanne correspondant.

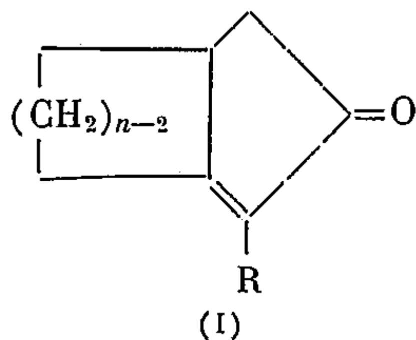
En vue de préparer des cétones bicycliques telles que (I). nous avons été amenés à étudier l'action de l'acide perbenzoïque sur des cétones β.γ-éthyléniques du type (II), dans le but d'obtenir, par réarrangement acide du produit d'oxydation (III), des γ-dicétones du type (V).

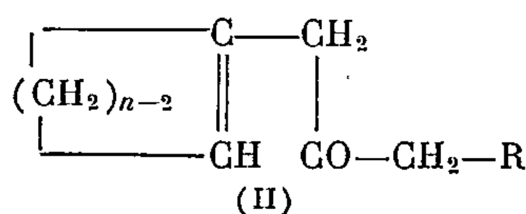
La présente étude porte sur la cyclohexénylacétone [(II) : $n = 6$, $R = H$] et la cycloheptènylacétone [(II) : $n = 7$, $R = H$], préparées à partir du méthyllithium et de l'acide éthylénique correspondant exempt d'isomère conjugué; le rendement est de 75 % en cétone pure.

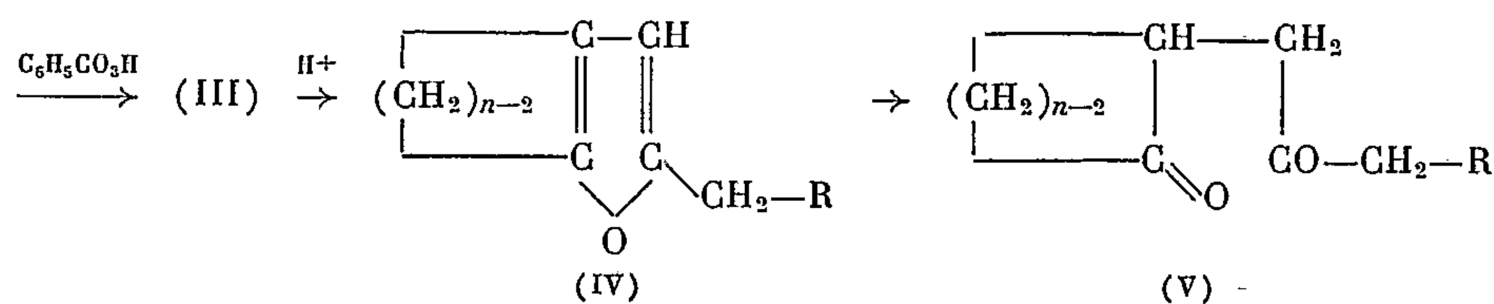
Cyclohexénylacétone : liquide incolore, $É_{17}$ 87°, $n_D^{15,5}$ 1,4760 (litt. $É_{12}$ 83°,

([8]) E. Fréling, *Thèse*, Paris, 1955.

$n_D^{18,6}$ 1,4731) (¹); λ_{max} 285 mμ (log ε = 2,10); ν(C=O) : 1707 cm⁻¹; phénylsemicarbazone : F 161° (isopropanol), analyse : $C_{16}H_{21}ON_3$, N %, calculé 15,49; trouvé 15,44; 2.4-dinitrophénylhydrazone, F 97° ($CHCl_3$—C_2H_5OH), λ_{max} 360 mμ (log ε = 4,35), analyse : $C_{15}H_{18}O_4N_4$, N %, calculé 17,60; trouvé 17,70.







Cyclohepténylacétone : liquide incolore, $É_{18}$ 107°, n_D^{20} 1,4778 (litt. $É_{13}$ 95°, $n_D^{18,8}$ 1,4760) (²); λ_{max} 287 mμ (log ε = 2,08); ν(C=O) : 1708 cm⁻¹; phénylsemicarbazone : F 165° (isopropanol), analyse : $C_{17}H_{23}ON_3$, N %, calculé 14,73; trouvé 14,72; 2.4-dinitrophénylhydrazone : F 86-88° (méthanol), λ_{max} 361 mμ (log ε = 4,31), analyse : $C_{16}H_{20}O_4N_4$, N %, calculé 16,86; trouvé 16,93.

La cyclohexénylacétone est laissée en contact avec une solution chloroformique d'acide perbenzoïque pendant trois jours à 0°; après destruction du réactif en excès, le produit d'oxydation (III) est isolé selon la technique habituelle; c'est un liquide qui se déshydrate lorsqu'on essaye de le purifier sous vide; la déshydratation est immédiate si une solution de (III) dans le toluène anhydre est chauffée à reflux en présence de quelques milligrammes d'acide *p*-toluène sulfonique dans un appareil à séparation d'eau automatique. On obtient dans les deux cas un liquide incolore, $É_{18}$ 77°, n_D^{18} 1,4935, à odeur de menthe et donnant une coloration violette avec le chloranile. C'est le méthyl-2-cyclotétraméthylène-4.5-furanne [(IV) : $n = 6$, R=H]; ses propriétés sont en effet identiques à celles du furanne authentique ($É_{17}$ 77-79°) (³) préparé à

(¹) DICKINS, HUGH et KON, *J. Chem. Soc.*, 1928, p. 1630.
(²) HUGH, KON et MITCHELL, *J. Chem. Soc.*, 1929, p. 1435.
(³) MOREL et VERKADE, *Rec. Trav. Chim., P. B.*, 70, 1951, p. 46.

partir de la cyclohexénylacétone ou de son isomère conjugué selon la méthode aux sultones ([4]). La spectroscopie infrarouge confirme ce résultat. Le produit d'oxydation (III) est mis à reflux pendant deux heures avec une solution hydroalcoolique d'acide sulfurique à 5 % ; après extraction, lavage et séchage, la rectification fournit d'abord quelques gouttes de furanne (IV), puis un liquide incolore qui est de l'acétonylcyclohexanone [(V) : $n = 6$, R=H], γ-dicétone obtenue par coupure hydrolysante du cycle furannique de (IV). Le rendement est de 40 %.

Analyse : $C_9H_{14}O_2$, calculé % C 70,10; H 9,15; trouvé % C 69,89; H 9,39; $\acute{E}_{1,2}$ 83-84°; n_D^{20} 1,4670; λ_{max} 276 mμ (log ε = 1,61); ν(C=O) : 1705 cm^{-1}; *p*-nitrophénylpyrrole ([5]) : F 88° (éther de pétrole), λ_{max} 326 mμ (log ε = 3,90) analyse : $C_{15}H_{16}O_2N_2$, calculé % C 70,29; H 6,29; N 10,93; trouvé % C 70,33; H 6,21; N 10,73.

Dans des conditions analogues, le furanne authentique donne la même γ-dicétone.

Si l'on met l'acétonylcyclohexanone à reflux pendant quatre heures avec une solution aqueuse de potasse à 5 %, le liquide isolé après traitements donne une 2.4-dinitrophénylhydrazone rouge F 201° ($CHCl_3$—C_2H_5OH), λ_{max} 256 mμ (ε = 18 600) et 387 mμ (ε = 27 500); c'est celle de la bicyclo (4, 3, 0)-nonène-6-one-8 [(I) : $n = 6$, R=H]; Islam et Raphaël trouvent F 200°, λ_{max} 258 mμ (ε = 19 000) et 390 mμ (ε = 26 500) ([6]).

Dans le cas de la cycloheptényl acétone les mêmes phénomènes sont observés : le méthyl-2-cyclopentaméthylène-4.5-furanne [(IV) : $n = 7$, R=H] obtenu avec un rendement de 45 % est un liquide incolore à odeur de menthe, $\acute{E}_{13}$ 83-84°, $n_D^{17,5}$ 1,4989, donnant une coloration violette avec le chloranile (litt. $\acute{E}_{12}$ 83-85°, n_D^{20} 1,4968) ([7]). On obtient le même furanne (spectres infrarouges identiques) en utilisant la méthode aux sultones. Si l'on traite le produit d'oxydation (III) ($n = 7$, R=H) ou le furanne correspondant (IV) par une solution hydroalcoolique d'acide sulfurique comme ci-dessus, après isolement des produits de la réaction, on récupère une grande partie du furanne de départ, mais il n'a pas été possible de mettre en évidence la formation de la γ-dicétone correspondante [(V) : $n = 7$, R=H].

Ces résultats montrent qu'à partir d'une cétone β.γ-éthylénique du type (II), on obtient par réarrangement en milieu acide du produit d'oxydation (III), vraisemblablement l'époxyde, un furanne du type (IV) et que la formation de la γ-dicétone (V) est liée à la facilité d'ouverture du cycle furannique : un

---

([4]) MOREL et VERKADE, *Rec. Trav. Chim.*, *P. B.*, 67, 1948, p. 539; 68; 1949, p. 619.
([5]) FETIZON ET BARANGER, *Comptes rendus*. 236, 1953, p. 1428.
([6]) *J. Chem. Soc.*, 1952, p. 4086.
([7]) IWANOFF, *Ber.*, 87, 1954, p. 1600.

furanne comportant un cycle à sept carbones se révélant beaucoup plus stable dans ces conditions que son homologue inférieur.

Cette réaction est à mettre en parallèle avec l'obtention de pigments à structure dihidrofurannique à partir des époxydes de nombreux carotènes ([8]).

CHIMIE VÉGÉTALE. — *L'alcool sesquiterpénique de l'essence de* Seseli tortuosum *L. (Ombellifère)*. Note de M. **René Salgues**, présentée par M. Marcel Delépine.

Seseli tortuosum L., ombellifère méditerranéenne, contient une huile essentielle constituée notamment par un mélange de 58 % de terpènes [α-pinène gauche (47) limonène gauche (11)], de 31,3 % de carotol. L'espèce est souvent broutée. Le retentissement le plus évident de cette mutilation est l'augmentation du seul pourcentage d'alcool sesquiterpénique dans les organes verts néoformés.

Dans la strate inférieure de l'association à *Quercus coccifera* du Languedoc et de la Provence, se situe l'hémicryptophyte *Seseli tortuosum* L., à racine pivotante.

Les parties aériennes fraîches donnent à la distillation 1,16 % d'une essence à peine colorée en jaune, à forte odeur de carotte, dont les caractéristiques sont : d_{15}; 0,910; a_D 15-32°,3; n_D^{20} 1,530; ind. acétyl. 0,40; ind. éth. 58; ind. éth. après formylation à froid 114; soluble dans 1,5 vol d'alcool à 90°.

La constitution chimique est à base de terpènes 58 % : *α-pinène gauche* (47) dans la fraction de l'essence, après saponification, passant entre 155-162° et *limonène gauche* (11), dans la portion bouillant entre 163 et 174°, tous deux caractérisés par leur nitrosochlorure, le premier en outre par sa nitrobenzylamine, le second par sa nitrolpipéridine. Existent, à côté, du bisabolène (F du trichlorhydrate 80°), des traces d'ortho α-sélinène (F du dichlorhydrate 73°,5), de l'acide isobutyrique libre et un alcool sesquiterpénique, $C_{15}H_{26}O$, le carotol (F du dihydroxycarotol 141°,5). La teneur en carotol est de 31,3 % dans une essence obtenue à partir de tiges et feuilles en plein développement, saines, avant floraison.

La plante entière contient du mannitol dans toutes ses parties : le poids de cristaux de cet alcool polyatomique donne 1,15 % pour les feuilles et 1,74 pour les racines en mars, 1,51 pour les feuilles et 1,24 pour les racines en octobre. Pour les constituants azotés des feuilles dont la répartition qualitative détaillée ne mérite pas que l'on s'y arrête pour ce que nous voulons démontrer, les aminoacides aliphatiques sont en mars de 48, cycliques de 16 et, en octobre, respectivement de 52,5 et 12.

Seseli tortuosum est une espèce broutée aussi bien par les lapins jadis que par

---

([8]) Karrer et Jucker, *Helv. Chim. Acta*, 28, 1945, p. 300 et années suivantes.

les moutons. Tantôt la plante est encore garnie de parties vertes (décapage) et la mutilation gêne moins le déroulement du chimisme, tantôt la réduction des volumes caulinaire et foliaire correspond à une véritable décollation et la perturbation des échanges est alors largement modifiée.

Au stade de décapage, les pourcentages de mannitol (feuilles, tiges ou ce qu'il en reste) sont de 1,20, d'aminoacides aliphatiques de 51, cycliques de 18; au stade de décollation, ces mêmes taux s'établissent respectivement à 1,70, 54 et 21.

Le retentissement sur le pourcentage d'essence est pratiquement nul. En revanche, la composition chimique traduit l'extrême labilité d'un seul constituant, le carotol, qui passe de 31,3 % (plants normaux) à 34,7 (décapage), à 39 (décollation). En d'autres termes, la plus grande richesse de l'essence en alcool sesquiterpénique coïncide avec la jeunesse tissulaire la mieux accusée.

BIOLOGIE. — *Microscopie électronique des structures ectoplasmiques chez les Ciliés du genre Stentor*. Note de MM. **Emmanuel Fauré-Fremiet** et **Charles Rouiller**, présentée par M. Robert Courrier.

Des *Stentor* appartenant aux trois espèces *polymorphus*, *niger* et *cœruleus* ont été fixés par le tétroxyde d'osmium tamponné suivant Palade à pH 8,0 et 8,5; après enrobage au métacrylate de butyle, les sections ont été examinées au microscope électronique R. C. A. Le cytoplasme montre une disposition trabéculaire, prévue d'après l'observation *in vivo* en contraste de phase; les mitochondries apparaissent avec la structure villeuse décrite par divers auteurs chez d'autres Ciliés; le macronucleus montre, à l'intérieur d'une membrane poreuse, les microsomes désoxyribonucléiques et les nucléoles; nous décrirons plus spécialement ici les structures ectoplasmiques et les différenciations apparemment liées à l'appareil ciliaire : cinéties somatiques et membranelles adorales.

1. Ciliature somatique. — *Cils vibratiles*. Leur structure est conforme au type général bien connu et comporte une membrane externe en continuité avec la pellicule ectoplasmique, un faisceau central de neuf fibrilles entourant une fibre axiale correspondant à la fibrille double observée chez les Métazoaires, et une « matrix » amorphe, volumétriquement importante. Le diamètre du cil atteint environ 0,5 μ, celui du faisceau fibrillaire 300 à 350 mμ, celui des fibrilles près de 30 mμ; celles-ci montrent un double contour régulier indiquant peut-être une structure tubulaire.

La base des cils, légèrement rétrécie, est marquée par une zone transversale plus dense, correspondant à la « plaque basale » de Fawcett et Porter, en contact avec les fibrilles axiales. Le corpuscule ciliaire ou cinétosome, en continuité avec la « plaque basale », apparaît comme une ampoule à paroi épaisse

et dense mesurant environ 500 mμ de haut et 250 mμ de large, avec un fond plus épais, peut-être plat, sans prolongement intracytoplasmique.

Structures annexes. — Sur le côté droit de chaque rangée ciliaire, à moins de 0,5 μ de celle-ci, court parallèlement une bandelette feuilletée dont un élément semble correspondre à la cinétodesme ([1]), l'ensemble des autres feuillets représentant le myonème ([2]).

La cinétodesme apparaît comme un ruban de substance dense dont le bord extérieur, épaissi, est probablement lié à la pellicule cytoplasmique superficielle (et peut-être aux cinétosomes) par une fine lamelle ou de minces fibrilles. La largeur de ce ruban est voisine de 0,8 μ.

Le myonème, situé immédiatement à droite de la cinétodesme, est constitué par un ensemble de feuillets longitudinaux parallèles, apparemment liés les uns aux autres au niveau de leurs bords externes. Les sections transversales montrent que ces feuillets, au nombre de 12 à 14 dans l'espace de 1 μ, sont régulièrement espacés; leur épaisseur est inférieure à 50 mμ; leur largeur varie de 0,5 à 0,8 μ.

Les sections obliques ou tangentes au plan de ces feuillets montrent qu'ils sont régulièrement striés longitudinalement par la présence de fines fibrilles parallèles, au nombre de 20 à 25, espacées d'axe en axe de 33 à 36 mμ.

Il apparaît sur les sections transversales que les myonèmes sont étroitement liés par leur bord externe gauche (proximal par rapport à la cinétodesme) à la pellicule superficielle; leur épaisseur est de l'ordre de 0,5 à 0,8 μ; leur largeur est variable (comme le nombre de leurs feuillets) suivant la région du corps, et peut atteindre 1,5 à 3,5 μ chez *St. cœruleus*, 1,5 à 2,0 μ chez *St. polymorphus*, 0,5 à 1,0 μ chez *St. niger*.

La zone ectoplasmique comprise entre un ensemble myo-infraciliaire et le suivant est occupée, chez les *Stentor cœruleus* et *niger*, par des grains de pigment; ceux-ci apparaissent comme des vésicules régulières à paroi épaisse, à contenu plus ou moins granuleux, mesurant 0,8 à 1,0 μ; *St. polymorphus*, non pigmenté, montre des « protrichocystes » de structure analogue. Les relations possibles entre ces éléments vésiculaires pigmentés ou non et les mitochondries devront être discutées.

Dans certaines régions du corps, on observe, chez *St. cœruleus*, au-dessous de la cinétodesme, des corps allongés dont la structure évoque celle des mitochondries ([3]); en d'autres régions, la zone ectoplasmique est limitée, du côté interne, par une lame discontinue, fenêtrée, épaisse de 0,3 à 0,4 μ.

([1]) *Voir* Villeneuve-Brachon, *Arch. Zool. Exp. et Gén.*, 82, 1940, p. 1-180.

([2]) La question controversée de savoir lequel de ces deux éléments est responsable de la contractilité demande de nouvelles informations.

([3]) *Voir* Chatton et Brachon, *C. R. Soc. Biol.*, 118, 1935, p. 958-961.

2. Ciliature adorale. — Chaque membranelle de la spire adorale est constituée par deux courtes rangées parallèles de cils serrés, adhérant entre eux *in vivo*, mais se séparant après fixation [4]. A la longueur près, ces cils montrent les mêmes caractéristiques structurales que ceux des rangées somatiques. Les cinétosomes vésiculeux présentent des épaississements latéraux et basilaires qui semblent les joindre les uns aux autres dans une même rangée; un faisceau de fines fibrilles lisses part de la base de chaque corpuscule et s'enfonce dans l'endoplasme sur une longueur de 12 à 14 μ. Les fibrilles constituant chaque faisceau s'ordonnent, en profondeur, sur un même plan; les différents faisceaux d'une même série se rapprochent et s'enroulent les uns sur les autres, l'ensemble correspondant à une membranelle dessinant une lame fibreuse triangulaire à structure fasciculée. On retrouve dans ces images l'aspect classique des racines ciliaires adorales montré par les techniques cytologiques ordinaires.

La séance est levée à 15 h 40 m.

L. B.

---

(4) *Voir* Fauré-Fremiet et Breton-Gorius, *Microscopie électronique des membranelles vibratiles de quelques Ciliés* [*C. R. Soc. Biol.*, 1955 (sous presse)].



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 12 SEPTEMBRE 1955.

PRÉSIDENCE DE M. ARMAND DE GRAMONT.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

L'Académie est informée de la réunion à Mexico, du 4 au 11 septembre 1956, de la XXe Session du **CONGRÈS GÉOLOGIQUE INTERNATIONAL.**

L'Ouvrage suivant est présenté par M. **ARNAUD DENJOY** : *Sur l'élection de Poncelet comme Membre-Correspondant de l'Académie des Sciences de Saint-Pétersbourg*, édité par M. T. P. KRAVETS.

DÉSIGNATIONS.

M. **GASTON DUPOUY** est adjoint à la délégation précédemment chargée de représenter l'Académie aux fêtes du Centenaire de l'**ÉCOLE POLYTECHNIQUE FÉDÉRALE DE ZURICH**, qui auront lieu du 17 au 22 octobre 1955.

CORRESPONDANCE.

M. le **SECRÉTAIRE PERPÉTUEL** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Annales de l'Institut océanographique de Monaco. ÉDOUARD FISCHER-PIETTE. *Répartition, le long des côtes septentrionales de l'Espagne des principales espèces peuplant les rochers intercotidaux.*

2° Ministère de la France d'Outre-Mer. Commission scientifique du Logone et du Tchad. *Étude pédologique du Bassin alluvionnaire du Logone-Chari* (Campagne 1953-1954), par J. PIAS, sous la direction de G. AUBERT.

3° Il signale également plusieurs fascicules polycopiés : Séminaire de

Théories physiques, dirigé par LOUIS DE BROGLIE, 24e année, 1954-1955; Séminaire Sophus Lie, 1re année, 1954-1955 : *Théorie des algèbres de Lie. Topologie des groupes de Lie;* Séminaire Schwartz, 2e année, 1954-1955 : *Équations aux dérivées partielles;* Séminaire Henri Cartan, 7e année, 1954-1955 : *Algèbre d'Eilenberg-Mac Lane et Homotopie. Méthodes mathématiques de la physique.* Cours complémentaire (mars-avril-mai 1952). *Compléments divers sur la transformation de Laplace et les équations aux dérivées partielles,* par MAURICE JANET.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les systèmes de polynomes orthogonaux en involution.* Note (*) de M. **KURT ENDL**, présentée par M. Joseph Pérès.

Considérons un système quelconque de polynomes orthogonaux sous forme *orthonormée* :

$$\{ P_n(z) \} = \left\{ \sum_{r=0}^{n} p_r^{(n)} z^r \right\}$$

A chaque tel système appartient une matrice infinie $(\mathfrak{P}) = (p_r^{(n)})$. Envisageons, de même, le développement de z^n par rapport à ces polynomes $P_r(z)$:

$$z^n = \sum_{r=0}^{n} q_r^{(n)} P_r(z)$$

qui nous fournit une nouvelle matrice $(q_r^{(n)})$ que nous désignerons par $(\mathfrak{P}^{-1})$ (puisqu'on a $(p_r^{(n)})(q_r^{(n)}) = (q_r^{(n)})(p_r^{(n)}) = \delta_{r,n} = (1)$ [(1) matrice d'unité].

Le problème que s'est posé l'auteur est le suivant : Pour quels systèmes $\{P_n(z)\}$ peut-on trouver des coefficients $c_n \neq 0$ $(n = 0, 1, \ldots)$ tels que l'on ait

$$P_n^*(z) = c_n P_n(z) = \sum_{r=0}^{n} c_r p_r^{(n)} z^r = \sum_{r=0}^{n} p_r^{*(n)} z^r$$

et

$$z^n = \sum_{r=0}^{n} p_r^{*(n)} P_r^*(z),$$

c'est-à-dire tels que les développements de $P_n^*(z)$ suivant les puissances z^r, et de z^n suivant les polynomes $P_r^*(z)$ possèdent les mêmes coefficients, ou encore en langage de matrices : pour quels systèmes $P_n(z)$ peut-on normer les polynomes $P_n(z)$ de telle manière que, entre les nouvelles matrices correspondantes, on ait les égalités :

$$(\mathfrak{P}^*) = (\mathfrak{P}^*)^{-1} \quad \text{ou} \quad (\mathfrak{P}^*)^2 = (1) \tag{1}$$

Nous dirons, pour utiliser la terminologie de la géométrie, qu'une matrice

(*) Séance du 5 septembre 1955.

($\mathfrak{L}^*$) satisfait à (1) est une matrice *involutive*, et que les polynomes $P_n^*(z)$ correspondant à une matrice involutive forment un système *involutif* de polynomes orthogonaux. Comme on s'en assure aussitôt, il ne s'agit pas ici d'une propriété générale des systèmes de polynomes orthogonaux. Le fait qu'on puisse déterminer, pour un système orthonormé *donné*, des coefficients c_n qui le rendent involutif, représente une propriété particulière du système. La condition nécessaire et suffisante pour que les coefficients c_n rendent le système $\{P_n(z)\}$ involutif s'exprime de la manière suivante :

(2) $$c_n c_r p_r^{(n)} = (z^n, P_r) \quad (^1) \qquad (0 \leqq r \leqq n,\ n = 0, 1, 2, \ldots).$$

On trouve tout de suite que c_n doit être, au signe près, le nombre $1/p_n^{(n)}$. Si nous posons $c_n = \varepsilon_n / p_n^{(n)}$ (où $\varepsilon_n = \pm 1$), (2) s'écrit

(3) $$\varepsilon_n \varepsilon_r p_r^{(n)} = (z^n, P_r(z))\, p_n^{(n)} p_r^{(r)} \qquad (0 \leqq r \leqq n).$$

On vérifie que la relation (3) est satisfaite par les polynomes orthonormés de Laguerre

$$L_n^{(\alpha)}(z) = \frac{1}{\sqrt{\Gamma(\alpha+1)\binom{n+\alpha}{n}}} \sum_{r=0}^{n} \binom{n+\alpha}{n-r} (-1)^r \frac{z^r}{r!}$$

avec les coefficients

$$c_n = n! \sqrt{\Gamma(\alpha+1)\binom{n+\alpha}{n}},$$

on a alors

$$p_r^{*(n)} = \binom{n+\alpha}{n-r} \frac{(-1)^r}{r!} n!.$$

Enfin, (3) est encore satisfaite par les polynomes orthonormés d'Hermite

$$H_n(z) = (2^n n!)^{-\frac{1}{2}} \pi^{-\frac{1}{4}} \sum_{r=0}^{\left[\frac{n}{2}\right]} (-1)^r \binom{n}{2r} \frac{(2r)!}{r!} (2z)^{n-2r}$$

avec les coefficients $(-1)^{[n/2]} 2^{(n/2)-n} \sqrt{n!}\, \pi^{1/4}$. On obtient pour le système des polynomes H_n rendus involutifs

$$H_n^*(z) = (-1)^{\left[\frac{n}{2}\right]} \sum_{r=0}^{\left[\frac{n}{2}\right]} p_r^{*(n)} z^{n-2r} \qquad \text{et} \qquad z^n = (-1)^{\left[\frac{n}{2}\right]} \sum_{0}^{\left[\frac{n}{2}\right]} p_r^{*(n)} H_{n-2r}^*,$$

avec

$$p_r^{*(n)} = \frac{(-1)^r}{4^r} \binom{n}{2r} \frac{(2r)!}{r!}.$$

---

(1) $(P(z), Q(z))$ désigne le produit scalaire habituel.

On vérifie facilement que la condition nécessaire (3) ne peut être satisfaite, par aucun choix des coefficients c_n, pour les autres systèmes orthogonaux usuels, par exemple ceux de Gegenbauer, de Jacobi, de Legendre et de Tchebychef.

Ainsi, le fait pour un système de polynomes orthogonaux de pouvoir être rendu involutif est une propriété spécifique qui n'affecte, dans les cas usuels, que les systèmes de polynomes de Laguerre et de Hermite.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Transformées de Fourier de distributions invariantes*. II. Note de M. **Pierre-Denis Methée**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

On complète la Note précédente sur le même sujet en donnant le détail des résultats obtenus pour $\mathcal{F}H$ et $\mathcal{F}S$ (1).

Notations. — Γ est la fonction d'Euler, ψ sa dérivée logarithmique, $2\psi_1$ la fonction $\pi^2/_3+\psi^2-\psi'$. On pose

$$\alpha_1(n)=\pi^{\frac{n}{2}}\Gamma^{-1}\left(\frac{n}{2}\right),\qquad \alpha_2(n)=(4\pi)^{\frac{n-2}{2}}\Gamma\left(\frac{n-2}{2}\right),\qquad \beta_1(n)=\log 4+\psi(1)+\psi\left(\frac{n}{2}\right),$$

$$\alpha_3(n,k)=4^{k+1}\pi^{\frac{n+2}{2}}\Gamma^{-1}\left(\frac{n}{2}-1-k\right),\qquad \lambda(n,p)=2^{n+p}\pi^{\frac{n-2}{2}}\Gamma\left(\frac{n+p}{2}\right)\Gamma\left(\frac{p+2}{2}\right),$$

$$\beta_2(n)=-2\log^2 2+2\log 2\beta_1(n)+\psi(1)\psi\left(\frac{n}{2}\right)+\psi_1'(1)+\psi\left(\frac{n}{2}\right),$$

pour p complexe quelconque, k entier ≥ 0. Les distributions, définies dans R^n, égales à $|u|^{p/2}\log^k|u|$ dans Ω_1, Ω_3, Ω_2 respectivement et à 0, ailleurs sont notées $M^{p,k}$, $\overline{M}^{p,k}$, $\mathcal{M}^{p,k}$. On a $S^p=M^{p,0}$, $\overline{S}^p=\overline{M}^{p,0}$, $\mathcal{S}^p=\mathcal{M}^{p,0}$ et on écrira L^k, $\overline{L}^k$, $\mathcal{L}^k$ pour $M^{0,k}$, $\overline{M}^{0,k}$, $\mathcal{M}^{0,k}$.

On pose encore $M_+=M+\overline{M}$, $M_-=M-\overline{M}$, $H_+=H+\overline{H}$, $H_-=H-\overline{H}$.

On désigne par $(\mathcal{F}R_1)$, $(\mathcal{F}R_2)$ les transformées de Fourier des relations (R_1) entre $\square H^k$ et H^{k+1}, (R_2) entre $\square S^p$ et S^{p-2}, $\square\mathcal{S}^p$ et $\mathcal{S}^{p-2}$ ([3], p. 251, 255 et 256).

Les $\mathcal{F}H$ *pour* $k\in N$. (Pour $k\notin N$, *voir* [1]) :

$$\mathcal{F}H_+^{\frac{n-2}{2}}=-\pi^{\frac{n-2}{2}}[L_++\mathcal{L}-2\psi(1)-\log 4],\qquad \mathcal{F}H_-^{\frac{n-2}{2}}=-i\pi^{\frac{n}{2}}S_-^0.$$

On passe aux $\mathcal{F}H$ d'indices $(n-2/2)+k$ par $(\mathcal{F}R_1)$.

(1) *Comptes rendus*, **240**, 1955, p. 1179 (référence notée [1]). *Cf.* aussi [2] L. Schwartz, *Théorie des distributions*, **1** et **2** (Hermann, 1950 et 1951) et [3] P.-D. Methée (thèse), *Comm. Math. Helv.*, **28**, 1954, p. 225-269.

Les $\mathcal{F}$S *pour* $p \notin$ E. — 1. $-n-p \notin$ E (²) :

$$\mathcal{F}S_+^p = \lambda(n, p)\left[\cos(n+p)\frac{\pi}{2}S_+^{-n-p} + s^{-n-p}\right],$$

$$\mathcal{F}s^p = -\lambda(n, p)\left[\cos n\frac{\pi}{2}S_+^{-n-p} + \cos p\frac{\pi}{2}s^{-n-p}\right],$$

$$\mathcal{F}S_-^p = -i\lambda(n, p)\sin(n+p)\frac{\pi}{2}S_-^{-n-p}.$$

2. $p = 2k$, *avec n impair.* $\mathcal{F}s^{2k}$ et $\mathcal{F}S_-^{2k}$ comme sous 1, et

$$\mathcal{F}S_+^{2k} = (-1)^{k+1}[\mathcal{F}s^{2k} - (2\pi)^n\square^k\delta].$$

3. $p = 2k$, *avec n pair :*

$$\mathcal{F}s^{2k} = -\lambda(n, 2k)\left[(-1)^{\frac{n}{2}}S_+^{-n-2k} + (-1)^k s^{-n-2k}\right] + \frac{1}{2}(2\pi)^n\square^k\delta,$$

$$\mathcal{F}S_+^{2k} = (-1)^{k+1}[\mathcal{F}s^{2k} - (2\pi)^n\square^k\delta], \qquad \mathcal{F}S_-^{2k} = -i(4\pi)^{\frac{n}{2}}4^k\Gamma(k+1)\,H_-^{\frac{n-2}{2}+k}.$$

4. $p = 2-n+2k$, *avec n impair.* $\mathcal{F}S_+^{2-n+2k}$ comme sous 1, et

$$\mathcal{F}s^{2-n+2k} = \alpha_3(n, k)\,H_+^k, \qquad \mathcal{F}S_-^{2-n+2k} = i(-1)^{\frac{n-1}{2}+k}\alpha_3(n, k)\,H_-^k.$$

Les $\mathcal{F}$S *pour* $p \in$ E. — 1. $p = -2$, *avec n impair.*

$$\mathcal{F}s^{-2} = \alpha_2(n)[\beta_1(n-2)s^{2-n} - \mathfrak{M}^{2-n,1}],$$

$$\mathcal{F}S_+^{-2} = \mathcal{F}s^{-2} + (-1)^{\frac{n-1}{2}}\pi\alpha_2(n)S_+^{2-n},$$

$$\mathcal{F}S_-^{-2} = i(-1)^{\frac{n-1}{2}}\alpha_2(n)[\beta_1(n-2)S_-^{2-n} - M_-^{2-n,1}].$$

2. $p = -2$, *avec n pair.*

$$\mathcal{F}S_+^{-2} = -\frac{\pi}{8}(4\pi)^{\frac{n}{2}}H_+^{\frac{n-4}{2}}$$
$$+\alpha_2(n)\left[\beta_1(n-2)\left((-1)^{\frac{n-2}{2}}S_+^{2-n} + s^{2-n}\right) - \left((-1)^{\frac{n-2}{2}}M_+^{2-n,1} + \mathfrak{M}^{2-n,1}\right)\right],$$

$$\mathcal{F}s^{-2} = \mathcal{F}S_+^{-2} + \frac{\pi}{4}(4\pi)^{\frac{n}{2}}H_+^{\frac{n-4}{2}},$$

$$\mathcal{F}S_-^{-2} = i\pi\left[(-1)^{\frac{n}{2}}\alpha_2(n)S_-^{2-n} - (4\pi)^{\frac{n-2}{2}}\beta_1(n-2)H_-^{\frac{n-4}{2}}\right].$$

3. $p = -n$, *avec n impair.*

$$\mathcal{F}S_+^{-n} = (-1)^{\frac{n+1}{2}}\alpha_1(n)[L_+ + \mathcal{L} - \beta_1(n)], \qquad \mathcal{F}s^{-n} = -\pi\alpha_1(n)s^0,$$

$$\mathcal{F}S_-^{-n} = i(-1)^{\frac{n+1}{2}}\pi\alpha_1(n)S_-^0.$$

(²) Sous une autre forme, ce sont les formules (VII.7, 38) de [2], t. 2, p. 120.

4. *$p = -n$, avec n pair.*

$$\mathcal{F} S_+^{-n} = \frac{(-1)^{\frac{n-2}{2}} \alpha_1(n)}{2\pi} [(L_+^2 + \mathcal{L}^2) - 2\beta_1(n)(L_+ + \mathcal{L}) + 2\beta_2(n) - \pi^2 S_+^0],$$

$$\mathcal{F} s^{-n} = (-1)^{\frac{n-2}{2}} \mathcal{F} S_+^{-n} + \frac{\pi}{2} \alpha_1(n)(S_+^0 - s^0),$$

$$\mathcal{F} S_-^{-n} = i(-1)^{\frac{n-2}{2}} \alpha_1(n)[L_- - \beta_1(n) S_-^0].$$

On passe aux $\mathcal{F}$S d'indices $-2-2k$ ou $-n-2k$ par ($\mathcal{F} R_2$).

GÉOMÉTRIE DES NOMBRES. — *Propriétés arithmogéométriques des polygones.* Note de M. **Eugène Ehrhart**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

Suite des quatre Notes du même auteur parues depuis le début de 1955.

Ceci est la suite de quatre Notes sur la géométrie des nombres [1].

Définitions. — Une région du plan d'un réseau est dite *vide*, si elle ne renferme pas de point entier. Un *polygone* est *entier*, si ses sommets sont des points entiers; il est *absolument entier*, si ce sont les seuls de son contour.

Les polygones que nous envisagerons peuvent être concaves, mais non croisés [2].

Théorème 1. — *L'aire* S *d'un polygone entier est liée aux nombres i et p de ses points entiers intérieurs et périphériques par la relation*

$$(1) \qquad i + \frac{p}{2} = S + 1 \quad [3]$$

Il suffit de le démontrer pour un réseau à base carrée, puisqu'une transformation linéaire conserve i, p et S.

1° *Cas d'un parallélogramme entier* ABCD. — Soit n le nombre des intervalles de longueur d déterminés sur AB par ses points entiers, n' le nombre des intervalles de CD. On a vu (Note 3, démonstration du théorème 4) que les

(1) Note 1 (*Comptes rendus*, 240, 1955, p. 483), Note 2 (*Comptes rendus*, 240, 1955, p. 583), Note 3 (*Comptes rendus*, 240, 1955, p. 935), Note 4 (*Comptes rendus*, 241, 1955, p. 274).

(2) *Pour les polygones croisés il existe des formules analogues, mais elles exigent des conventions algébriques.* Ainsi pour un quadrilatère entier, croisé en un point non entier, $S = i + (p/2)$, si pour le triangle dont le contour est parcouru en sens négatif, on compte négativement l'aire et les nombres de points intérieurs et périphériques.

(3) Pour les polyèdres entiers la question se complique. Ainsi pour un parallélépipède entier de mêmes directions principales qu'un réseau, le volume V et les nombres i, f, a des points entiers intérieurs, dans les faces et sur les arêtes satisfont $i + (f/2) + (a/4) = V + 1$; mais cette formule est déjà en défaut pour le prisme détaché par une section diagonale.

points entiers du réseau sont sur des parallèles à AB à des distances K/d (k entier arbitraire), sur lesquelles deux points entiers consécutifs ont pour distance d. Si la distance de cD à AB est $n'(m/d)$, on voit que

$$i = n'mn - n - n' + 1, \qquad p = 2(n + n'), \qquad S = nd\,n'\frac{m}{d} = n'mn.$$

2° *Cas d'un triangle* ABC. — Si q est le nombre de points entiers de AC, A et C exclus, les caractéristiques i', p', S' du triangle sont liées à celles du parallélogramme ABCD par

$$i' = \frac{i-q}{2}, \qquad p' = \frac{p}{2} + 1 + q, \qquad S' = \frac{S}{2}.$$

Remarquons que *pour un triangle absolument entier l'aire est égale au nombre des points entiers intérieurs plus* $1/2$ (car $p/2 = 1,5$).

3° *Cas d'un polygone entier quelconque.* — Tout polygone entier peut être considéré comme une chaîne de triangles entiers, tels que deux triangles consécutifs aient un côté commun. Il suffit donc de montrer que si la formule est exacte pour un polygone P, elle l'est aussi pour le polygone P′ obtenu en lui accolant vers l'extérieur, le long d'un côté AB, un triangle entier P″. Or si AB porte q points entiers autres que A et B, les caractéristiques des trois polygones sont liées par

$$i' = i + i'' + q, \qquad p' = p + p'' - 2q - 2, \qquad S' = S + S''.$$

Théorème 2. — *L'aire* S *comprise entre un polygone entier et* n *polygones entiers intérieurs est liée aux nombres* i *et* p *de ses points entiers intérieurs et sphériques par la relation*

$$i + \frac{p}{2} + n = S + 1 \tag{2}$$

(on suppose que les n polygones sont extérieurs les uns des autres et ne se touchent pas).

Les caractéristiques i_k, p_k, S_k ($k = 0, 1, \ldots, n$) des polygones satisfont à (1) et

$$i = i_0 - \sum_1^n (i_k + p_k), \qquad p = p_0 + \sum_1^n p_k, \qquad S = S_0 - \sum_1^n S_k.$$

Mettons $n = 1$:

Théorème 3. — *L'aire d'un anneau polygonal entier s'obtient en ajoutant au nombre de ses points intérieurs la moitié du nombre de ses points périphériques.*

En particulier :

Théorème 4. — *L'aire d'un anneau polygonal entier vide est égal à la moitié du nombre de ses points entiers périphériques.*

THÉORÈME 5. — *La condition nécessaire et suffisante pour qu'un triangle absolument entier soit vide est qu'il soit d'aire* $1/2$.

Pour un tel triangle la formule (1) s'écrit $0 + 3/2 = S + 1$.

Réciproquement si $S = 1/2$ pour un triangle absolument entier, $i + 3/2 = 1/2 + 1$.

THÉORÈME 6. — *La condition nécessaire et suffisante pour qu'un quadrilatère convexe absolument entier soit vide est qu'il soit un parallélogramme d'aire* 1.

Pour un parallélogramme absolument entier d'aire 1, la formule (1) donne $i + 4/2 = 1 + 1$.

Réciproquement si un quadrilatère convexe absolument entier ABCD est vide, les triangles ABC et ADC sont absolument entiers et vides, donc d'aire $1/2$. B et D sont donc des points entiers de distance $1/AC$ à AC. Si D n'est pas le symétrique B′ de B par rapport au milieu de AC, $\overrightarrow{B'D} = k\overrightarrow{AC}$ (k entier non nul). Si $k = 1$, ACDB′ est un parallélogramme et D est sur le prolongement de BC : ABCD dégénère en triangle. Si $k > 1$ un angle $(\widehat{BCD})$ du quadrilatère serait rentrant. Mêmes conclusions si $k \leqq -1$.

THÉORÈME 7. — *Un polynome convexe entier de plus de quatre côtés n'est jamais vide.*

Il suffit de le montrer pour un pentagone, formé d'un quadrilatère convexe et d'un triangle vides. Le quadrilatère est un trapèze tel que la bande limitée par les droites-supports des bases soit vide. Le triangle ABE ne peut être adjacent au trapèze le long d'un des côtés non parallèles, car le pentagone ne serait pas convexe ou dégénéré en trapèze. Il est donc adjacent le long d'une base vide AB. La deuxième base $CD = kAB$. Si $k = 1$, la bande limitée par les supports de AD et BC est vide, et le pentagone convexe dégénère encore en trapèze. Si $k \geqq 2$, DA et BC se coupent en un point F, dont la distance à AB est inférieure ou égale à celle de AB à CD. Il s'ensuit que le triangle ABE n'est pas intérieur à ABF : le pentagone ne peut être convexe.

THÉORÈME 8. — *La condition nécessaire et suffisante pour qu'un ovale d'aire* 4,5 *renferme comme seul point entier son centre de gravité* G *est qu'il soit un triangle, déduit d'un triangle vide absolument entier par une homothétie de rapport* 3, *centrée en un de ses sommets.*

On voit facilement que la condition est suffisante. Montrons qu'elle est nécessaire. L'aire de l'ovale O étant 4,5, l'aire qu'en détache un diamètre principal est au moins $4,5(4/9) = 2$ (Note 1, lemme 1), mais aussi au plus 2, sans quoi (si l'aire est prise du côté convenable) elle formerait avec son symétrique par rapport à G une aire *convexe* supérieure à 4, ce qui entraînerait l'existence dans O d'un autre point entier que G (théorème de Minkowski). Donc (notations du lemme 3, Note 1) chacun des diamètres principaux $\overrightarrow{AB}$, $\overrightarrow{A'B'}$, $\overrightarrow{A''B''}$ détache de O (du côté indiqué) une aire 2, qui forme avec son symétrique par rapport à G un ovale d'aire 4, vide à son centre de symétrie

près. On sait qu'un tel ovale est un parallélogramme, dont le contour porte comme seuls points entiers ses sommets et les milieux des côtés. Si les trois diamètres principaux précédents n'étaient pas diagonales des parallélogrammes correspondants, on en conclurait que O est lui-même un tel parallélogramme, d'aire 4 et non 4,5. Donc AB sépare de O un triangle ABC, dont le contour porte comme seuls points entiers ses sommets et les milieux G, I, J des côtés A′B′ et A″B″ devant avoir également des points entiers pour extrémités, I et J sont de ces extrémités. On en conclut que O est le triangle déduit de CIJ par l'homothétie (C,3).

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Propriétés asymptotiques de la courbe du mouvement brownien à* N *dimensions.* Note (*) de M. **Paul Lévy**, présentée par M. Louis de Broglie.

La courbe Γ du mouvement brownien dans E_N est universelle, en ce sens que, parmi les arcs successifs parcourus pendant des temps égaux, on peut en trouver qui réalisent avec une précision arbitrairement grande n'importe quelle forme donnée. Si une courbe donnée C est rectifiable et de longueur 1, on peut aussi trouver des arcs de Γ partant d'un point donné et arbitrairement peu différents de C, à une homothétie près. Le rapport d'homothétie vérifie alors la loi du logarithme itéré. Ce théorème a de nombreuses applications.

1. Soient Γ la courbe lieu du point $X(t)$ de l'espace euclidien E_N dont les coordonnées sont N déterminations indépendantes de la fonction du mouvement brownien, Γ_t l'arc qui correspond au segment $[0, t]$ de l'axe des t, et $L_p(t)$ la longueur maxima d'une ligne polygonale à p côtés, inscrite dans Γ_t, et dont les sommets se succèdent dans le même ordre que sur cet arc.

Théorème 1. — *Quand t tend vers l ($l = 0$ ou ∞), la loi du logarithme itéré s'applique à $L_p(t)$, c'est-à-dire que*

$$\Pr\left\{\limsup_{t \to l} \frac{L_p^2(t)}{2t \log|\log t|} = 1\right\} = 1.$$

Il est remarquable que cette formule ne dépende ni de N ni de p, quoique la définition de $L_p(t)$ en dépende, et que $L_p(t)$ augmente indéfiniment avec p.

2. Soient C un arc fini d'une courbe continue, rectifiable ou non, et γ_t l'arc, homothétique de Γ_t, lieu du point $x_t(\tau) = X(\tau)/\lambda(t)$ quand τ décrit $[0, t]$. Nous supposons C et Γ_t, donc aussi γ_t, partant de l'origine, et le rapport d'homothétie $\lambda(t)$ positif et tel que les plus grandes cordes de C et de γ_t soient égales.

Théorème 2. — 1° *Il existe presque sûrement des suites de valeurs t_p de t, tendant vers l ($l = 0$ ou ∞) et telles que γ_{t_p} tende vers* C.

(*) Séance du 5 septembre 1955.

2° *Pour une telle suite, posons*

$$k = \limsup_{p \to \infty} \frac{\lambda(t_p)}{\sqrt{2 t_p \log|\log t_p|}}.$$

Si la courbe C est rectifiable et de longueur 1, on a presque sûrement $k \leq 1$, et l'on peut presque sûrement choisir les t_p de manière à avoir à la fois $\gamma_{t_p} \to C$ et $k = 1$.

Dans ces énoncés, on peut adopter la définition de M. Fréchet pour le voisinage de deux courbes. Mais ils restent vrais avec certaines définitions plus restrictives, obtenues en particularisant la loi du mouvement sur C.

3. Supposons $N = 2$. Soient respectivement $m_1(C)$ et $m_2(C)$ la mesure de la plus petite aire convexe contenant C et celle de l'ensemble des points intérieurs chacun à au moins une boucle fermée de C. Posons

$$S_i(t) = m_i(\Gamma_t) \qquad (i = 1, 2).$$

En appliquant le théorème 2 aux courbes de longueur 1 qui rendent respectivement $m_1(C)$ et $m_2(C)$ maxima, à savoir la demi-circonférence de rayon $1/\pi$ et la circonférence de rayon $1/2\pi$, on voit que

THÉORÈME 3. — *On a*

$$\left.\begin{aligned} &\Pr\left\{ \limsup_{t \to l} \frac{\pi S_1(t)}{t \log|\log t|} = 1 \right\} = 1 \\ &\Pr\left\{ \limsup_{t \to l} \frac{2\pi S_2(t)}{t \log|\log t|} = 1 \right\} = 1 \end{aligned}\right\} \qquad (l = 0 \text{ ou } \infty).$$

Si $N > 2$, la même méthode s'applique à l'étude du plus petit volume convexe $V(\Gamma_t)$ contenant Γ_t. Elle ramène ce problème à la recherche de la courbe C de longueur 1 qui rend V(C) maximum; faute de la connaître, la meilleure borne supérieure asymptotique presque sûre de $V(\Gamma_t)$ n'est connue qu'à un facteur constant près.

4. Les théorèmes 1 à 3, dans le cas de la limite infinie, s'étendent dans les mêmes conditions que la loi classique du logarithme itéré à une classe étendue de processus additifs asymptotiquement isotropes et gaussiens. Le temps t peut être remplacé par une variable entière n, de sorte que cette extension comprend en particulier la promenade dans un réseau de rues au sens de Pólya; le théorème 3 s'applique alors en remplaçant t par n et $S(t)$ par $S(2n)$ [1].

Une extension différente s'obtient en remplaçant Γ_t par un arc de Γ, intérieur à un arc fini Γ_T, et décrit pendant un intervalle de temps de durée t et d'origine quelconque dans $[0, T - t]$. Les théorèmes 1 à 3 s'appliquent alors, pour la limite zéro ($t \downarrow 0$), en remplaçant $\log|\log t|$ par $|\log t|$.

---

[1] Dans ce cas, le problème bien plus difficile de la recherche d'une borne inférieure pour $S_2(n)$ a été abordé par J. M. Hammersley, qui a obtenu un premier résultat intéressant. Il avait obtenu aussi une borne supérieure moins précise que celle indiquée ici.

RELATIVITÉ. — *Sur le caractère statique d'un modèle d'univers stationnaire en théorie unitaire de Jordan-Thiry*. Note (*) de M. **Yves Thiry**, présentée par M. Joseph Pérès.

Un modèle d'univers pentadimensionnel, stationnaire et à comportement asymptotique euclidien, pour lequel les lignes de courant à quatre dimensions coïncident avec les lignes de temps et pour lequel la quatrième composante du potentiel-vecteur est nulle, conduit à la considération d'un espace-temps statique ([1]).

1. En théorie relativiste de la gravitation, tout modèle d'univers stationnaire, à comportement asymptotique euclidien, pour lequel les lignes de courant de la matière (schéma fluide parfait) coïncident avec les lignes de temps est partout statique au sens de Levi Civita [145].

Nous nous proposons d'indiquer l'aspect et la démonstration de la généralisation dans la théorie unitaire de Jordan-Thiry de cette proposition.

2. Considérons dans cette théorie un modèle d'univers [215] constitué par une variété riemanienne cylindrique V_5 qui soit stationnaire [216] et à comportement asymptotique euclidien [221]. Supposons de plus que les lignes de courant de l'espace-temps V_4 [218] coïncident avec les lignes de temps et que la quatrième composante du potentiel-vecteur soit nulle. Ces hypothèses quadridimensionnelles qui s'écrivent $u^u = 0$ $(u = 1, 2, 3)$, $\varphi_4 = 0$ se traduisent dans V_5 par $v^u = 0$, $\gamma_{04} = 0$.

Remarquons qu'avec ces hypothèses la matière peut être chargée; on a en effet $v_0 = \gamma_{00} v^0 = h$ en général différent de zéro.

3. Montrons d'abord que le tenseur d'espace H'_{AB} [219] de V_5 est alors identiquement nul.

Sur une section d'espace $W'_4 x^4 =$ const. de V_5, le vecteur $\vec{p}'$ défini par ses composantes

$$p'_A = \frac{\zeta^3}{2} \varphi'_B H'^B_A \qquad (A, B = 0, 1, 2, 3)$$

satisfait à la formule de divergence

$$\operatorname{div}' \vec{p}' = \frac{\zeta^3}{2} H'^2 - \zeta \varphi'_A R^A_4$$

qui se déduit des équations du champ $S_{\alpha\beta} = r v_\alpha v_\beta$ et d'une formule générale de divergence valable pour une section W_n d'une variété W_{n+1} [192].

La section d'espace W'_4 étant supposée complète et à comportement asymptotique euclidien, les distributions de matière chargée étant supposées à distance finie et occupant sur W'_4 des domaines E_u, on obtient, par intégration

(*) Séance du 5 septembre 1955.

([1]) Les définitions et les notations sont celles utilisées par Lichnerowicz dans *Théories relativistes de la Gravitation et de l'Électromagnétisme*, Masson, 1955; les nombres entre crochets renvoient aux pages de cet ouvrage.

sur un compact C_ρ [223] de W'_4, pour ρ suffisamment grand

$$\sum_u \iiint_{E_u} \zeta\varphi'_A R^A_4 = \iiint_{C_\rho} \frac{\zeta^3}{2} H'^2 d\tau' - \text{flux}_{\partial C_\rho} \vec{p'}.$$

Le flux de $\vec{p'}$ sur ∂C_ρ tend vers zéro lorsque ρ tend vers l'infini [223]; dans le système de coordonnées totalement adaptées [218] utilisé, on a alors :

$$\nu^u = 0 \quad \text{d'où} \quad R^u_4 = r\nu^u \nu_4 = 0$$
$$\gamma_{04} = 0 \quad \text{d'où} \quad \varphi'_0 = 0,$$

et l'on conclut que sur W'_4 $H'^2 \equiv 0$.

4. Dans les formules

$$x^{A'} = x^A$$
$$x^{4'} = x^4 + f(x^A)$$

d'un changement du système des sections d'espace (*cf* [110]), f, *a priori* fonction des x^A, sera indépendant de x^0; on a en effet $\varphi'_B = \partial_B(x^4 + f(x^A))$ et $\varphi'_0 = 0$ donne $\partial_0 f = 0$.

Ainsi on pourra trouver localement, par un changement de variables n'affectant pas x^0 (²), un système de coordonnées totalement adaptées tel que le $d\sigma^2$ de V_5 prenne la forme orthogonalisée

$$d\sigma^2 = \zeta^2 (dx^4)^2 + \gamma_{AB}\, dx^A\, dx^B,$$

ζ et les γ_{AB} ne dépendant que des variables x^u ($u = 1, 2, 3$).

Sur l'espace-temps V_4, on a alors la métrique-quotient

$$ds^2 = \zeta^2 (dx^4)^2 + g_{uv}\, dx^u\, dx^v \qquad (u, v = 1, 2, 3)$$

(les g_{uv} ne dépendant ni de x^0 ni de x^4) ou, selon Mme Hennequin, la métrique conforme $\overline{ds}^2 = \xi\, ds^2$. Ces métriques sont statiques au sens de Levi-Civita [136].

5. Ce résultat, établi sous les hypothèses non surabondantes énoncées, peut être appelé à servir de base à la construction sous des hypothèses correctes d'un modèle d'univers de Schwarzschild généralisé en théorie de Jordan-Thiry.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Décomposition en fonction de variables dynamiques du tenseur d'énergie-impulsion des fluides relativistes dotés de moment cinétique interne.* Note de MM. **Francis Halbwachs, Georges Lochak** et **Jean-Pierre Vigier**, présentée par M. Louis de Broglie.

A l'aide de la méthode de Belinfante-Rosenfeld, on généralise au cas d'un fluide doté de tensions, la théorie des fluides à spin de Möller-Weysenhoff. On justifie l'introduction de tensions non symétriques.

(²) L'hypothèse $\gamma_{04} = 0$ s'avère donc essentielle dans la généralisation présentée et les hypothèses pentadimensionnelles $\nu^A = 0$ ne sauraient convenir.

Considérons un fluide relativiste continu doté d'une densité continue de moment cinétique interne (spin). Négligeons la gravitation et décrivons le fluide à l'aide de spineurs q attachés en chaque point à des axes galiléens.

Comme Belinfante ([1]) et Rosenfeld ([2]), déduisons l'évolution des spineurs, et donc du fluide, d'un principe de variation $\delta\int \mathcal{L}(q)\,d\omega = 0$

Posant $\partial_\lambda = \partial/\partial x^\lambda$, $q_\lambda = \partial_\lambda q$, $\rho =$ densité invariante d'univers, $u_\mu =$ vitesse unitaire ($u_\mu u^\mu = -1$), on obtient :

l'équation de champ

$$(1) \qquad \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial q} - \partial_\lambda \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial q_\lambda} = 0,$$

le courant

$$J_\mu = \rho u_\mu = i\left(\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial q_\mu} q - \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial q^*_\mu} q^*\right),$$

le tenseur d'énergie

$$T_{\mu\nu} = \mathrm{R}\,e\left\{\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial q_\nu} q_\mu - \delta_{\mu\nu}\mathcal{L}\right\}.$$

De (1) on déduit la conservation du courant

$$(2) \qquad \partial_\mu J^\mu = D_\tau \rho = 0 \qquad (D_\tau \text{ dérivation le long de la ligne de courant})$$

et la conservation de l'impulsion-énergie

$$(3) \qquad \partial_\nu T^{\mu\nu} = 0.$$

Généralisant la théorie habituelle des fluides relativistes ([3]), montrons que $T^{\mu\nu}$ (ici non symétrique) peut s'écrire $T^{\mu\nu} = g^\mu u^\nu + \Theta^{\mu\nu}$, où l'on a g^μ, densité d'impulsion non colinéaire à u^μ ([4]); $\Theta^{\mu\nu}$, tenseur non symétrique des tensions avec $\Theta_{\mu\nu}u^\nu = 0$, ce qui entraîne $g_\mu = -T_{\mu\nu}u^\nu$.

Suivant la méthode de von Laue, intégrons $\partial_\nu T^{\mu\nu}$ dans un domaine limité par un hypertube de courant infiniment délié et deux hypercloisons d'espace infiniment voisines, orthogonales au courant, et appliquons le théorème de Gauss. Il vient

$$\iiiint \partial_\nu T^{\mu\nu}\,d\omega = 0 = \iiint_S T^{\mu\nu}\,d\sigma_\nu = \iiint_P g^\mu u^\nu\,d\sigma_\nu - \frac{d}{d\tau}\left[\iiint_{V_0} g^\mu u^\nu u_\nu\,dV_0\right]d\tau + \iiiint \partial_\nu \Theta^{\mu\nu}\,d\omega$$

([1]) *Physica*, 1939, p. 887-897. Nous prenons ses notations. On sous-entend dans le calcul la sommation sur les composantes de q. Les calculs sont faits en absence de champ; on généraliserait aisément.

([2]) *Mém. Acad. Roy. Belge*, fasc. 6, 1940.

([3]) LICHNEROWICZ, *Éléments de Calcul Tensoriel*, § 118, Paris, 1951; VON LAUE, *La Relativité*, 1, § 28, Paris, 1924.

([4]) MATHISSON, *Acta Phys. Pol.*, 6, 1937, p. 163 et 218; WEYSSENHOFF, *ibid* 9, 1947, p. 8; MÖLLER, *Ann. Inst. H. Poincaré*, 10.5, 1949; COSTA DE BEAUREGARD, *Thèse*, Paris, 1943.

(P, hyperparoi du tube; V_0 volume propre de la gouttelette fluide). On a

$$\iiint_P g^\mu u^\nu \, d\sigma_\nu = 0 \qquad \text{car} \qquad u^\nu \, d\sigma_\nu = 0 \quad \text{sur P.}$$

$$-\frac{d}{d\tau}\iiint_{V_0} g^\mu u^\nu u_\nu \, dV_0 = +\frac{d}{d\tau}\iiint_{V_0} g^\mu \, dV_0 = \iiint_{V_0} D_\tau g^\mu \, dv_0 = \dot{G}^\mu$$

$\dot{G}^\mu$ est la dérivée, le long de la ligne de courant, de l'impulsion de la gouttelette.

Posons

$$\iiiint \partial_\nu \Theta^{\mu\nu} \, d\omega = -\iiiint j^\mu \, d\omega = -F^\mu = \text{force de tension totale exercée sur la gouttelette}$$

on a alors $\dot{G}^\mu = F^\mu$ (5).

Passons à l'étude du moment cinétique, on a

$$\partial_\lambda (x^\nu T^{\mu\lambda} - x^\mu T^{\nu\lambda}) = x^\nu \partial_\lambda T^{\mu\lambda} - x^\mu \partial_\lambda T^{\nu\lambda} + T^{\mu\nu}_{\vee} = T^{\mu\nu}_{\vee}$$

en vertu de (3). Le moment de $T^{\mu\nu}$ n'est donc pas conservatif, car il ne contient pas les variations de $\mathcal{L}$ obtenues par modifications de la rotation interne.

Or on sait (6) que si $\left(S_{\underset{\vee}{\mu\lambda}}\right)_{op}$ est une transformation infinitésimale de Lorentz et si l'on pose $f_{[\lambda\mu]\nu} = \partial\mathcal{L}/\partial q_\nu \left(S_{\underset{\vee}{\mu\lambda}}\right)_{op} q$, le tenseur $\sigma_{[\nu\mu\lambda]} = 1/2\,[f_{\nu\mu\lambda} + f_{\mu\lambda\nu} + f_{\lambda\nu\mu}]$ représente la densité de spin [ce qui est bien conforme aux principes relativistes (7)]; alors, le tenseur $t_{\mu\nu} = \partial^\lambda \sigma_{[\nu\mu\lambda]} - \partial^\lambda f_{\lambda\nu\mu}$ est tel que $\partial_\nu t^{\mu\nu} = 0$ [d'après (1)] et que le tenseur *symétrique* $\mathfrak{T}^{\mu\nu} = T^{\mu\nu} + t^{\mu\nu}$ est conservatif, *ainsi que son moment*. C'est le tenseur d'impulsion total.

On peut alors écrire (Même méthode que précédemment) :

$$\iiiint \partial_\lambda (x^\nu \mathfrak{T}^{\mu\lambda} - x^\mu \mathfrak{T}^{\nu\lambda}) \, d\omega = \iiiint T^{\mu\nu}_{\vee} \, d\omega + \iiiint t^{\mu\nu}_{\vee} \, d\omega = 0$$

d'où

$$\iiiint T^{\mu\nu}_{\vee} \, d\omega = \iiiint \partial^\lambda f_{\lambda\nu\mu} \, d\omega - \iiiint \partial^\lambda \sigma_{[\nu\mu\lambda]} \, d\omega$$

soit

$$(4) \qquad \iiiint T^{\mu\nu}_{\vee} \, d\omega = \iiint_S f_{\lambda\nu\mu} \, d\sigma^\lambda - \iiint_P \sigma_{[\nu\mu\lambda]} \, d\sigma^\lambda + \frac{d}{d\tau}\left[\iiint_{V_0} \sigma_{[\nu\mu\lambda]} u^\lambda \, dv_0\right] d\tau.$$

Le tenseur $s_{[\mu\nu]} = \sigma_{[\nu\mu\lambda]} u^\lambda$ qui est tel que $s_{[\mu\nu]} u^\nu = 0$ n'est autre que le tenseur de Weyssenhoff (8).

---

(5) von Laue, *loc. cit.*, p. 243.

(6) Belinfante et Rosenfeld, *loc. cit.*,

(7) Louis de Broglie, *La théorie des particules de spin 1/2* (électrons de Dirac).

(8) *Loc. cit.*,

Le tenseur $S_{\mu\nu} = \iiint_{V_0} s_{\mu\nu}\, dv_0$ représente le spin d'une gouttelette dans son système propre et vérifie $S_{\mu\nu} u^\nu = 0$ si la gouttelette est suffisamment petite (⁹).

Or, on a $T^{\mu\nu}_{\vee} = 1/2\,(g^\mu u^\nu - g^\nu u^\mu) + \Theta^{\mu\nu}_{\vee}$ et

$$\frac{d}{d\tau}\left[\iiint_{V_0} \sigma_{[\nu\mu\lambda]}\, u^\lambda\, dv_0\right] = \iiint_{V_0} D_\tau(s_{\nu\mu})\, dv_0 = \dot{S}_{\mu\nu}.$$

On tire de (4)

$$\iiiint (g^\mu u^\nu - g^\nu u^\mu)\, d\omega - \dot{S}^{\mu\nu} = -2\iiiint \Theta^{\mu\nu}_{\vee}\, d\omega + \iiint_P \sigma_{\mu\nu\lambda}\, d\sigma^\lambda + \iiint_S f_{\lambda\mu\nu}\, d\sigma^\lambda = K^{\mu\nu};$$

$K^{\mu\nu}$ représente une « torsion » du fluide qui comprend un terme en $\Theta^{\mu\nu}_{\vee}$ représentant les tensions internes, une intégrale d'hyperparoi représentant l'évolution d'actions superficielles et une intégrale exprimant des actions de volume, ces deux dernières étant dues au spin du fluide.

On a donc les équations

$$\text{(I)}\qquad S^{\mu\nu} u_\nu = 0,$$

$$\text{(II)}\qquad G^\mu u^\nu - G^\nu u^\mu = \dot{S}^{\mu\nu} + K^{\mu\nu},$$

$$\text{(III)}\qquad G^\mu = m_0 u^\mu + S^{\mu\nu} \dot{u}_\nu + K^{\mu\nu} u_\nu,$$

qui généralisent aux fluides dotés de pression les équations de Weyssenhoff (¹⁰).

Dans un travail ultérieur, nous utiliserons ces considérations pour étendre le « modèle » hydrodynamique de l'interprétation causale (¹¹) au cas des particules relativistes dotées de spin (¹²).

ÉLETRONIQUE. — *Le carmatron, nouvel oscillateur à large bande d'accord électronique*. Note (*) de MM. **Robert Warnecke**, **Jean Nalot**, **Bernard Epsztein** et **Oscar Dœhler**, présentée par M. Camille Gutton.

Dans le carcinotron M (¹), (²), un faisceau électronique se déplace perpendiculairement à des champs électrique et magnétique croisés et est en intérac-

---

(⁹) *Idem.*

(¹⁰) Louis de Broglie, *loc. cit.*, p. 57.

(¹¹) Bohm et Vigier, *Phys. Rev.*, 96, 1954, p. 208-216.

(¹²) Cette extension existe déjà dans le cas non relativiste (équation de Pauli). *Cf.* Bohm, Schiller, Tiomno, *Nuovo Cimento*. Supp. 1, 1955.

(*) Séance du 5 septembre 1955.

(¹) P. Guénard, O. Dœhler, B. Epsztein et R. Warnecke, *Comptes rendu*, 235, 1952, p. 236.

(²) R. Warnecke, P. Guénard, O. Dœhler, et B. Epsztein, *Proc. I. R. E.*, 43, avril 1955, p. 413.

tion avec une onde électromagnétique « inverse » se propageant le long d'une ligne à retard à structure périodique. La sortie H. F. pour le prélèvement de l'énergie haute fréquence se trouve à côté du canon électronique, l'extrémité à côté du collecteur est munie de moyens d'absorption pour éviter des réflexions.

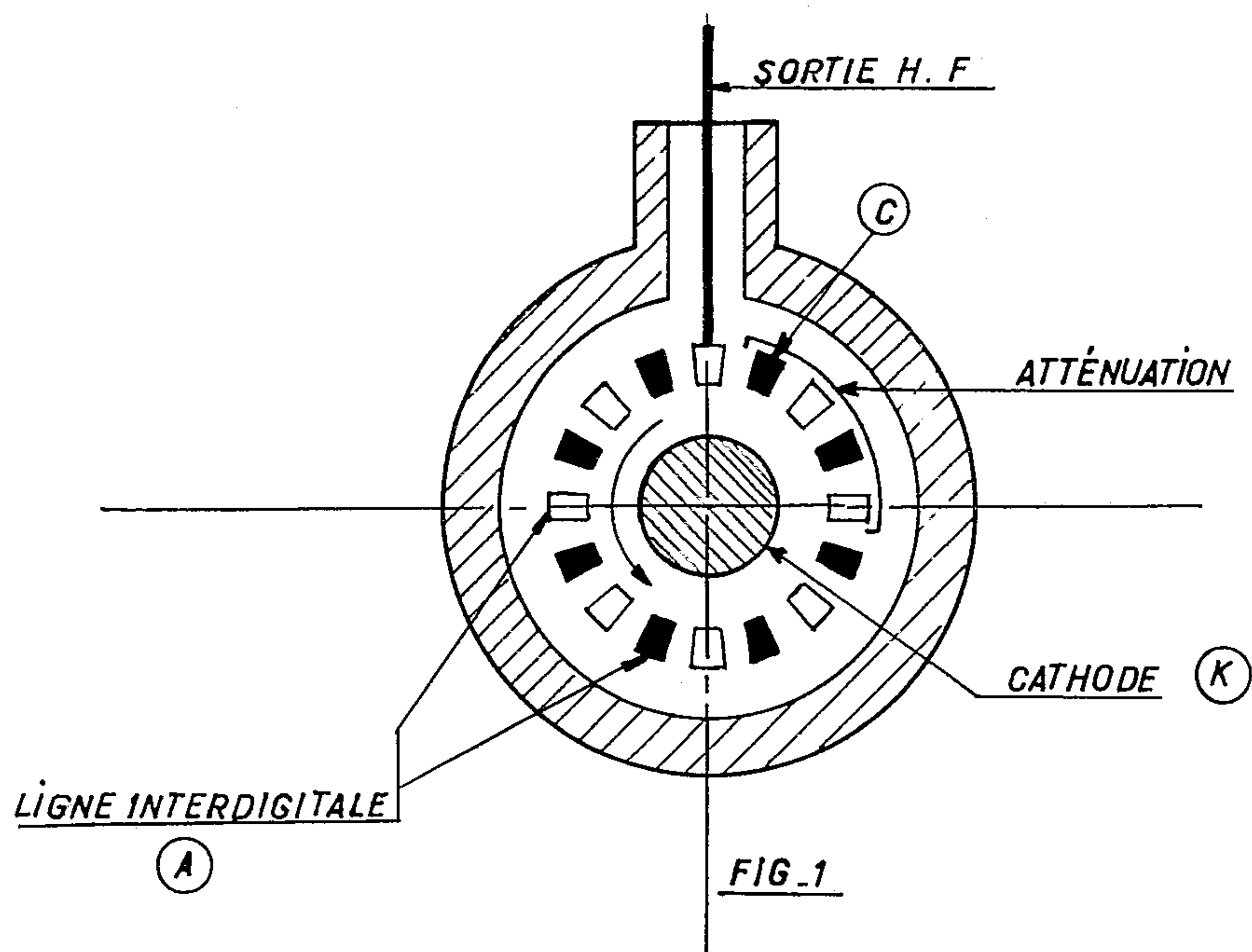


FIG. 1

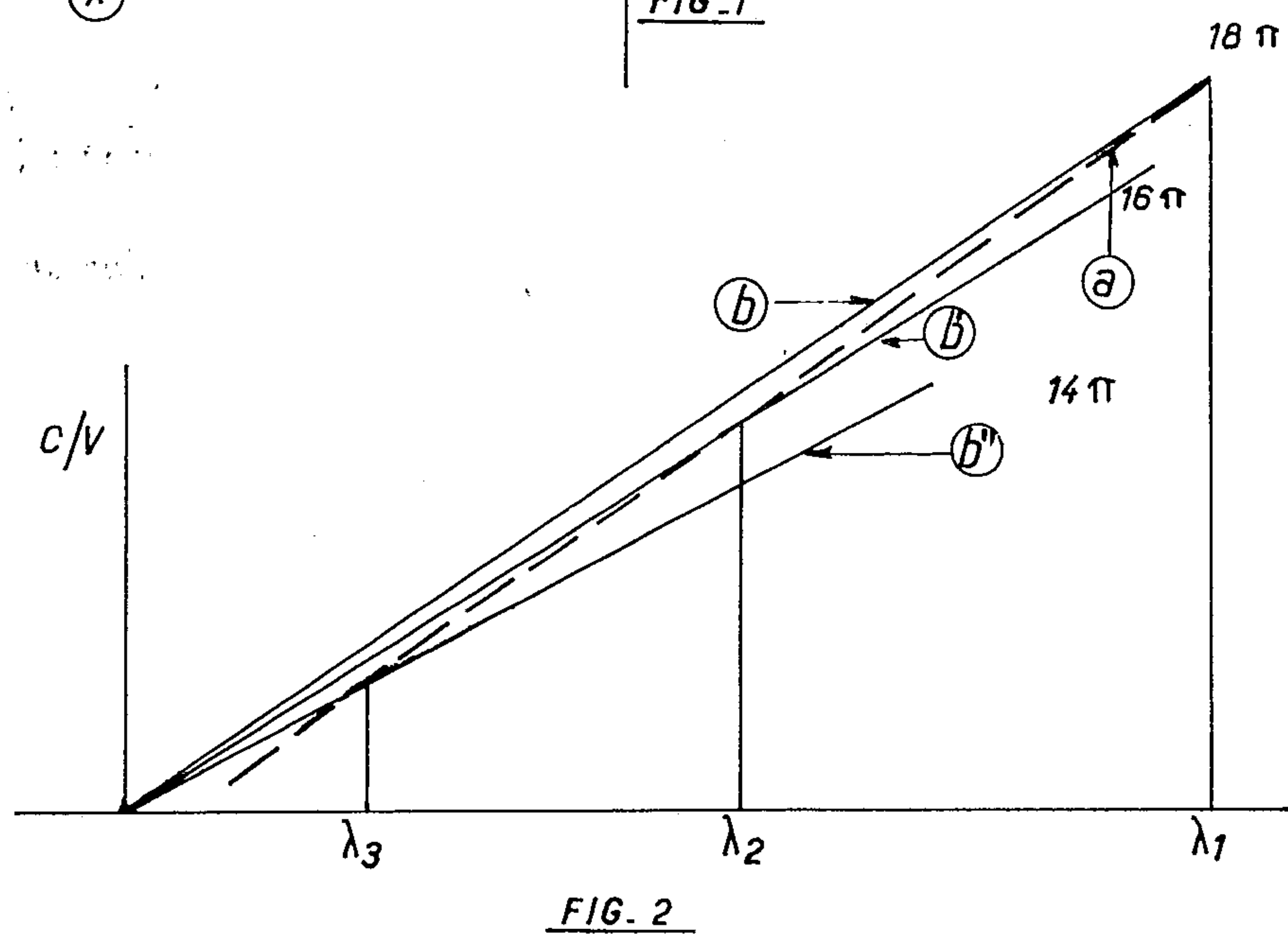


FIG. 2

Les deux extrémités de la ligne ne sont couplées ni par des champs électromagnétiques ni par le faisceau. Le carcinotron M possède une large bande

d'accord électronique; la puissance de sortie et la fréquence d'oscillation sont peu sensibles à une variation de la charge. En contrepartie, la structure est relativement compliquée et encombrante. Par ailleurs, la cathode, « localisée », a une faible surface ce qui limite soit l'énergie fournie, soit la durée de fonctionnement.

Dans le magnétron usuellement utilisé pour la production d'ondes UHF, le circuit est une ligne à retard fermée sur elle-même et le faisceau électronique circule autour d'une cathode « continue » qui peut avoir de grandes dimensions. Les extrémités du circuit en question sont couplées par le faisceau et par le champ de haute fréquence. Le magnétron a une structure relativement simple mais n'est pratiquement pas accordable électroniquement; d'autre part, la puissance et la fréquence sont très sensibles à une variation de la charge.

L'objet de la présente Note est d'indiquer le principe d'un nouvel oscillateur, le carmatron, qui réunit les avantages du carcinotron M et du magnétron. La figure 1 représente schématiquement ce tube qui comporte essentiellement une cathode cylindrique K et un circuit anodique A lui-même constitué par un circuit à retard à structure périodique faiblement dispersif. L'énergie produite est transférée à la charge par une ligne coaxiale. La ligne à retard est court-circuitée en C, au voisinage de la sortie et est munie d'une atténuation. Le champ magnétique constant et homogène perpendiculaire à la figure est dirigé de telle façon que les électrons tournent dans le sens trigonométrique. Dans une telle structure la sortie HF et l'extrémité C de la ligne ne sont pas couplées par des champs HF mais par le faisceau électronique qui circule autour de la cathode.

Un tel tube est une variante particulière du carcinotron M dans laquelle le faisceau est « rentrant ». Il oscille si le courant alternatif transporté par le faisceau rentrant est en phase avec le champ H. F., c'est-à-dire si l'angle de transit du faisceau autour de la cathode est un multiple de 2π. Si ψ est l'angle de phase entre deux cellules successives et N le nombre total des cellules, la phase totale est $N\psi$. Pour $\psi = \text{const.}$, le taux de retard (c/v_{ph}) (v_{ph}, vitesse de phase de l'onde en interaction avec le faisceau), en fonction de la longueur d'onde λ, est donné par [3], [4] :

$$\frac{c}{v_{ph}} = \frac{\psi}{\pi}\frac{\lambda}{2p};$$

p, pas de la ligne. Pour $N\psi = 2K\pi$ (K étant un nombre entier), les courbes c/v_{ph} en fonction de λ sont des droites b, b', b'' (*fig.* 2). Des oscillations existent pour des longueurs d'onde λ_1, λ_2, ... pour lesquelles ces droites sont en interaction avec la courbe a représentant la dispersion de la ligne. Si les électrons

(3) P. Guénard, O. Doehler et R. Warnecke, *Comptes rendus*, 235, 1952, p. 52.

(4) A. Leblond, J. Nalot et O. Doehler, *Comptes rendus*, 235, 1952, p. 1949.

tournaient indéfiniment autour de la cathode, ces oscillations ne se produiraient que pour les valeurs discrètes λ_1, λ_2, .., mais, en fait, à cause des modifications des trajectoires par le champ électrique H.F. élevé (effet des « grands signaux ») et aussi en conséquence de « l'effet diocotron » (5), (6), les électrons finissent par aboutir sur les électrodes. La durée de vie d'un électron donné circulant autour de la cathode est ainsi relativement petite. Cette perte de courant électronique, qui dans l'analyse des phénomènes intervient comme une atténuation, permet l'oscillation autour des longueurs d'onde discrètes précitées, c'est-à-dire fournit la possibilité d'un accord électronique du tube. L'analyse des conditions d'accrochage montre que la bande d'accord électronique est d'autant plus grande que la dispersion de la ligne à retard est faible et que les pertes de courant autour de la cathode sont grandes. Le courant d'accrochage est nul si la perte du courant est nulle et croît linéairement avec les pertes par unité de longueur. Sur la base de la théorie actuellement établie, des bandes d'accord de 25 à 30 % sont possibles et compatibles avec des rendements relativement élevés. Expérimentalement, le principe a été vérifié avec un modèle fonctionnant dans la bande des 3 000 Mc/s.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Corrélation angulaire des électrons de paires de la transition monopolaire de* ^{16}O (6,05 MeV); *spectre d'énergie de ces paires.* Note (*) de MM. **Serge Gorodetzky**, **Raymond Armbruster**, **Pierre Chevallier**, **André Gallmann** et **Robert Manquenouille**, présentée par M. Louis de Broglie.

Nous avons étudié la corrélation angulaire des électrons positifs et négatifs de paires de la transition monopolaire de l'oxygène 16 au moyen de l'appareil décrit dans une publication précédente (1). Cet appareil a pour principale caractéristique de permettre l'addition des énergies des électrons de paires et en même temps de mesurer l'énergie de chaque électron.

La transition monopolaire est due au passage du premier état excité du niveau 6,05 MeV $J = 0^+$ au niveau fondamental $J = 0^+$. Ce niveau de ^{16}O est obtenu par la réaction $^{19}F(p, \alpha)^{16}O$.

Une cible de CaF_2 est bombardée par des protons de 1 050 keV, son épaisseur étant dans ces conditions de 100 keV.

L'étude théorique des transitions monopolaires a été faite par J. R. Oppen-

(5) P. Guénard et H. Huber, *Ann. Rad.*, Octobre 1952, p. 252.
(6) R. Warnecke, P. Guénard et O. Doehler, *Onde Électrique*, 325, avril 1954.

(*) Séance du 8 août 1955.
(1) *Comptes rendus*, 241, 1955, p. 482.

heimer ([2]), R. H. Dalitz ([3]). La corrélation angulaire de ces paires a été mesurée par divers auteurs ([4]) et ([5]). Notre appareil nous permet une mesure de corrélation précise (*fig.* 1). On notera particulièrement les résultats obtenus jusqu'à l'angle de 180°. Ceci tient à ce qu'on n'est pas gêné par des électrons diffusés.

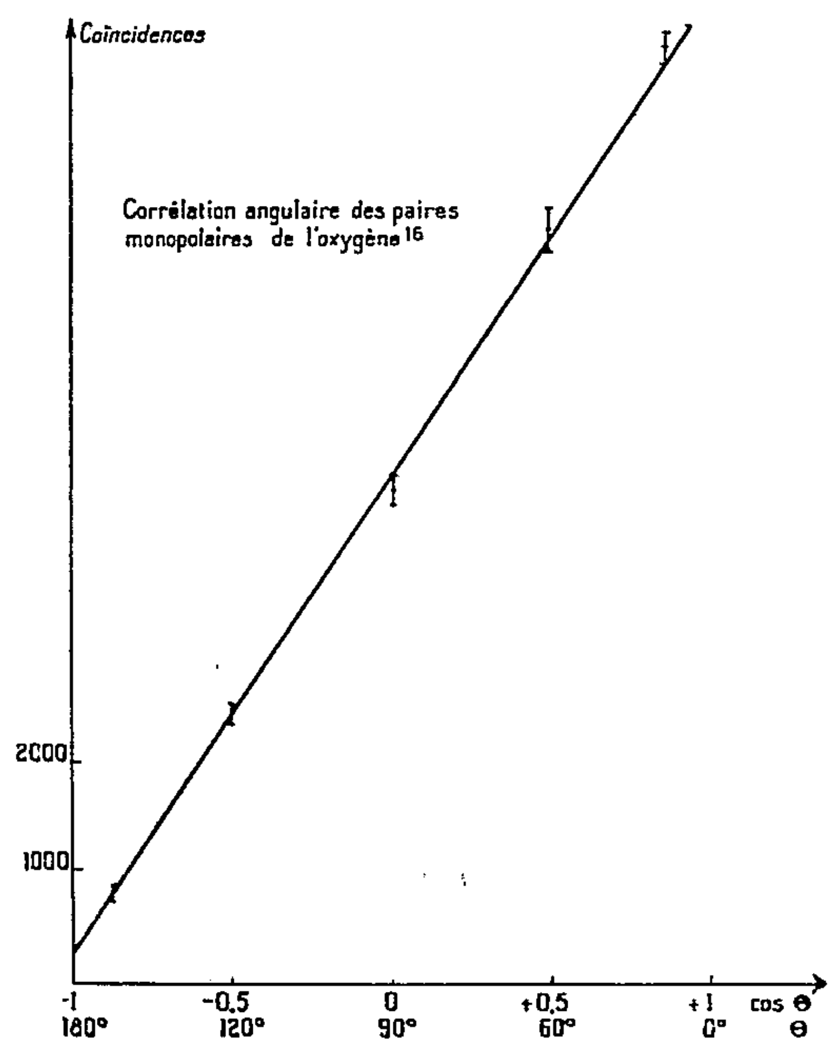


Fig. 1.

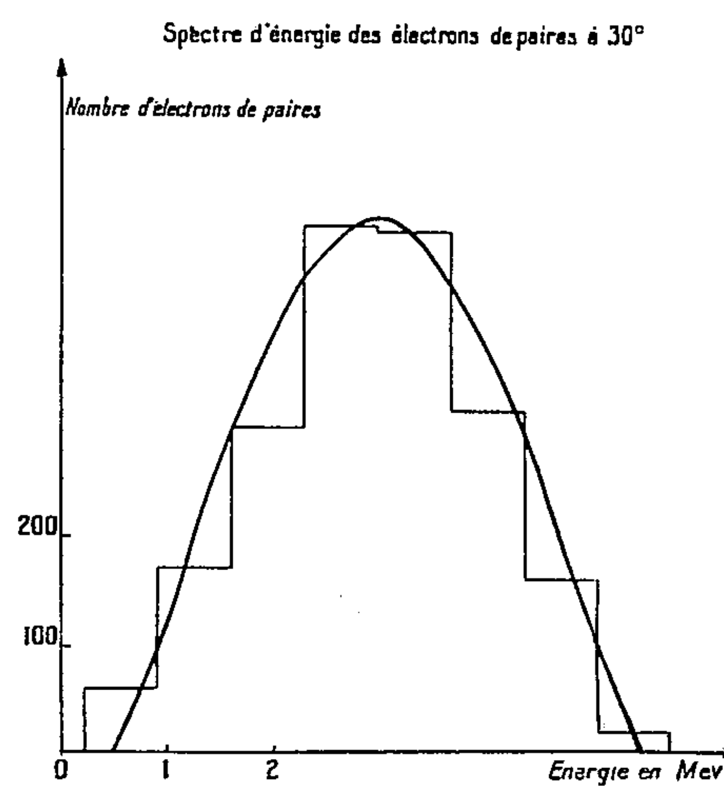


Fig. 2.

La relation de corrélation donnée théoriquement dans le cas d'une « géométrie parfaite » est

$$W(\theta) = 1 + 0{,}9937 \cos\theta.$$

Si l'on corrige ceci pour s'adapter aux conditions géométriques utilisées ici, on obtient

$$W(\theta) = 1 + (0{,}962 \pm 0{,}003) \cos\theta.$$

Nous obtenons expérimentalement

$$W(\theta) = 1 + (0{,}955 \pm 0{,}007) \cos\theta$$

Le spectrographe à coïncidence que nous avons réalisé est bien propor-

([2]) *Phys. Rev.*, 60, 1941, p. 164.

([3]) *Proc. Roy. Soc.*, A, 206, 1951, p. 521.

([4]) S. Devons, S. G. Goldring, G. R. Lindsay, *Proc. Phys. Soc.*, A, 67, 1954, p. 134.

([5]) G. C. Phillips et N. P. Heydenburg, *Phys. Rev.*, 83, 1951, p. 184.

tionnel. Ceci permet de mesurer la répartition d'énergie des électrons et des positrons de paires (spectre d'énergie) pour différents angles (*fig.* 2 et 3). On donne la courbe théorique et l'histogramme obtenu expérimentalement. Ces spectres ont pour différents angles une allure assez voisine sauf au voisinage de 180° (*fig.* 4). La courbe théorique passe par un minimum à 180°; ce minimum est nul.

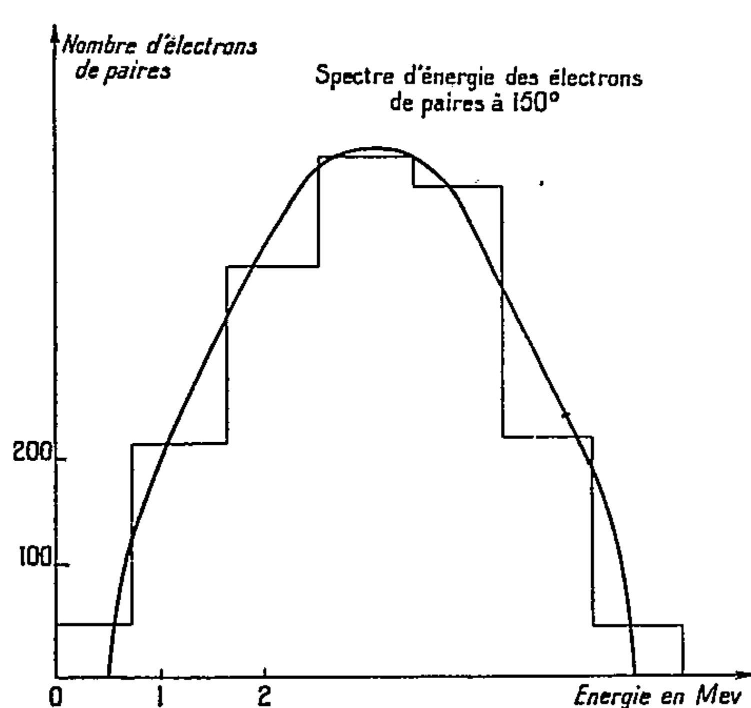


Fig. 3.

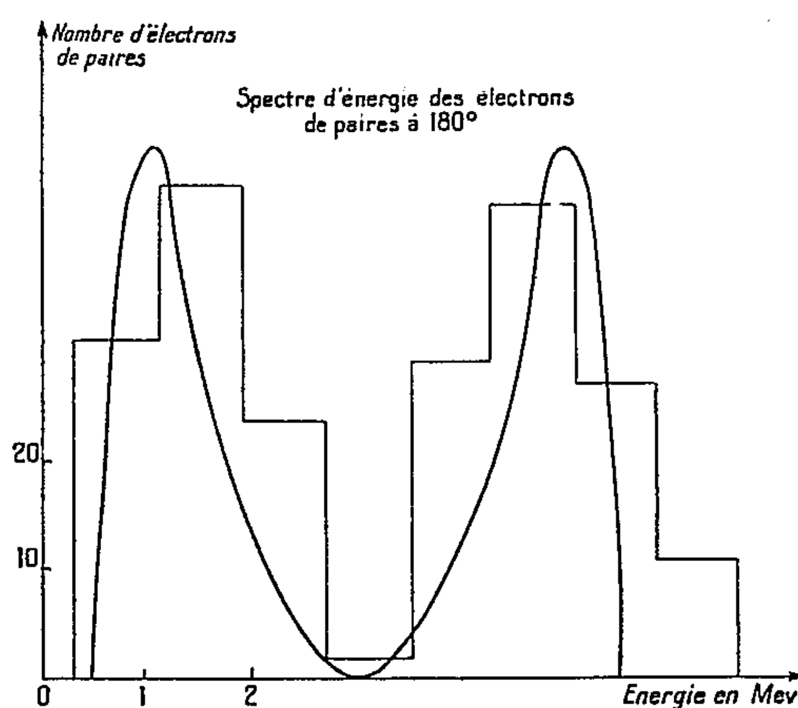


Fig. 4.

L'histogramme à 180° correspond à un nombre de mesures relativement faible, de ce fait la précision est un peu moins bonne, cependant le minimum nul apparaît d'une manière indiscutable. Ce minimum est dû à ce que les électrons de paires ne peuvent être émis en direction opposée, avec la même énergie.

Les mesures d'énergies sont faites sur un oscillogramme cathodique type 303 AH Dumont. Les hauteurs des impulsions sont proportionnelles à l'énergies des électrons.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Mesure préliminaire du moment magnétique de l'état excité de* ^{19}F *à* 197 keV. Note (*) de MM. **Pierre Lehmann, Antoine Lévêque** et **Marcel Fiehrer**, transmise par M. Francis Perrin.

La perturbation par un champ magnétique de la distribution angulaire des γ de 197 keV consécutifs à la diffusion inélastique des protons sur ^{19}F a permis de déterminer une valeur préliminaire du moment magnétique de cet état égale à $4,0 \pm 0,9$ magnétons nucléaires. L'augmentation possible de cette valeur si l'on tient compte des effets d'interaction quadrupolaire est discutée.

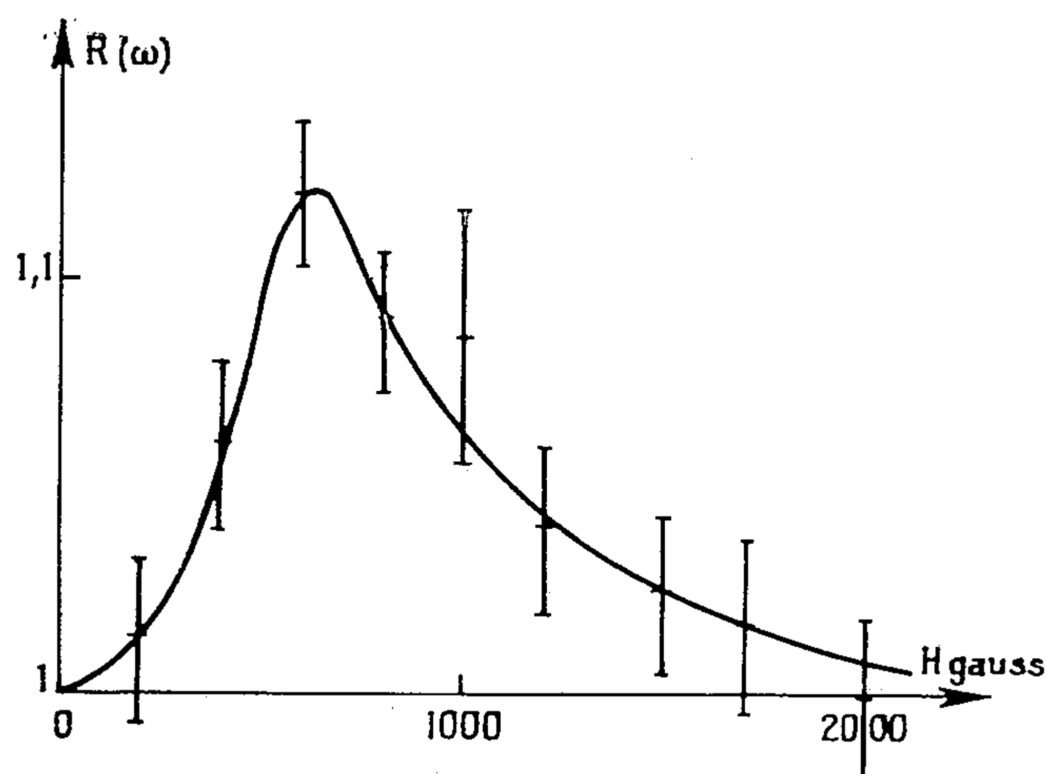
(*) Séance du 29 août 1955.

Le temps de vie de l'état excité de $^{19}F(197\,keV, 5/2+)$ est de $(1,0 \pm 0,2)10^{-7}$ s (¹); cette longue vie rend possible la mesure du moment magnétique par l'étude de la perturbation de la distribution angulaire des γ sous l'influence d'un champ magnétique appliqué en milieu liquide.

Cette distribution angulaire, dans un plan perpendiculaire au champ, est de la forme

$$W(\theta) = \int_0^{+\infty} \{1 + A_2 e^{-\lambda_2 t} P_2[\cos(\theta - \omega t)]\} e^{-\lambda t} dt,$$

λ_2 étant une constante caractéristique de l'atténuation de la distribution due aux effets quadrupolaires dans le liquide (²), θ l'angle entre la direction des protons incidents et la direction d'observation des γ, $\omega = \mu H / I\hbar$ la vitesse angulaire de la précession de Larmor, et λ la constante radioactive de l'état.



Nous avons mesuré, pour un angle $\theta = 30°$, le rapport

$$R = \frac{W(+\theta, \omega)}{W(-\theta, \omega)} = \frac{W(-\theta, -\omega)}{W(+\theta, -\omega)}$$

des taux de comptage de deux détecteurs disposés symétriquement par rapport au faisceau incident en fonction du champ magnétique appliqué H; ce rapport passe par un maximum pour

$$\omega_m = \frac{\mu H_m}{I\hbar} \simeq \frac{\lambda}{2}\left[1 + \frac{\lambda_2}{\lambda}\right].$$

Les protons produits par l'accélérateur électrostatique de Saclay bombar-

(¹) G. A. JONES, W. R. PHILLIPS, C. M. P. JOHNSON et D. H. WILKINSON, *Phys. Rev.*, 96, 1954, p. 547; J. THIRION, C. A. BARNES et C. C. LAURITSEN, *Phys. Rev.*, 94, 1954, p. 1076.

(²) A. ABRAGAM et R. V. POUND, *Phys. Rev.*, 92, 1953, p. 943.

daient une solution de fluorure de potassium dans l'eau à 600 g/l. Les impulsions provenant des détecteurs à scintillations, protégés des γ ne venant pas directement de la cible, et blindés contre le champ de fuite de l'électroaimant, étaient analysées par des sélecteurs d'amplitude à 10 canaux.

La figure montre les résultats obtenus dans une des trois séries de mesures qui ont été effectuées. De l'ensemble de ces expériences, on tire $H_m = 650 \pm 80$ gauss, d'où l'on déduit une limite inférieure du moment magnétique $\mu = +4{,}0 \pm 0{,}9$ magnétons nucléaires en tenant compte d'une erreur de 20 % sur le temps de vie de l'état ([1]).

La constante d'interaction quadrupolaire λ_2 est proportionnelle à la viscosité de la solution ([3]). Les mesures ont donc été refaites avec une solution de fluorure de potassium de concentration moitié, dont la viscosité est de 1,1 cP au lieu de 1,5. La courbe obtenue est semblable aux précédentes; elle n'est toutefois pas assez précise pour permettre d'exclure une diminution de H_m de 50 gauss ce qui accroîtrait μ de 35 %. Toutefois, un effet si important semble peu probable, en particulier si l'on compare aux évaluations de Christy sur l'atténuation de la corrélation pour une source solide ([4]).

CHIMIE ORGANIQUE. — *Application de la méthode de Tschugaeff-Zerewitinoff à certaines γ-lactones saturées.* Note (*) de M. **Bernard Gastambide**, présentée par M. Marcel Delépine.

Trois méthodes différentes permettent de préparer un certain nombre d'esters paraconiques. L'action, à la température ordinaire, de l'iodure de méthylmagnésium sur les esters paraconiques selon la méthode de Tschugaeff-Zerewitinoff produit un dégagement gazeux dont l'importance dépend de la structure de l'ester utilisé. Quelques hypothèses sont proposées pour expliquer ce fait.

Préparation des esters paraconiques. — Par action du zinc en poudre sur un mélange d'α-bromo α-méthyl succinate d'éthyle et de méthoxy-6 propionyl-2 naphtalène nous avons obtenu ([1]) deux composés qui semblent correspondre aux racémiques $C_{21}H_{24}O_5$ (I) et (I') : F 133° (analyse : trouvé %, C 70,64 H 7,01; calculé %, C 70,77 H 6,79), huile (analyse : trouvé %, C 71,33 H 6,77). Ces composés donnent par saponification un β-hydroxy ester non stable qui se scinde quantitativement en acide méthyl succinique et méthoxy-6 propionyl-2 naphtalène.

Cette méthode de préparation étant assez nouvelle, donc peu sûre, nous avons synthétisé quelques autres esters paraconiques par des voies plus classiques. L'action du *t*-amylate de sodium sur le succinate d'éthyle et la propiophénone (réaction de Stobbe) permet d'obtenir, après lactonisation bromhydrique du semi-ester, le γ-phényl γ-éthyl paraconate d'éthyle

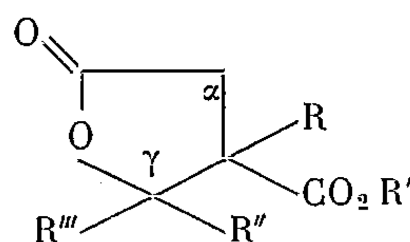
(3) P. B. Hemmig et R. M. Steffen, *Phys. Rev.*, 92, 1953, p. 832.

(4) R. F. Christy, *Phys. Rev.*, 94, 1954, p. 1077.

(*) Séance du 5 septembre 1955.

(1) A paraître prochainement.

(II) $C_{15}H_{18}:O_4$ $É_{0,05}$ 128-131°, (analyse : trouvé %, C 68,82 H 7,30 ; calculé %, C 68,68 H 6,92). Comme pour les composés (I) et (I'), la structure de ce produit est confirmée par saponification. Le γ-γ-pentaméthylène paraconate de méthyle (III) $C_{11}H_{16}O_4$ F 75°,5, déjà connu, se prépare également par réaction de Stobbe (²). Enfin le γ-phényl paraconate de méthyle (IV) $C_{12}H_{12}O_4$ F 69°,5, déjà décrit dans la littérature (³), s'obtient en condensant, selon la méthode de Fittig, le succinate de sodium avec l'aldéhyde benzoïque et en estérifiant par le diazométhane. La structure paraconique des composés (I), (I'), (II), (III), (IV) est confirmée par les spectres infrarouges : CO ester vers 1737 cm^{-1}, CO lactonique vers 1792 cm^{-1}. MM. Horeau et Jacques (⁴) nous ont donné un échantillon de γ-(*p*-méthoxy phényl) δ-méthyl δ-carbéthoxy γ-caprolactone $C_{17}H_{22}O_5$ (V).



	R.	R'.	R''.	R'''.
(I), (I')........	CH_3	C_2H_5	C_2H_5	Méthoxy-6 naphtyl-2
(II)............	H	C_2H_5	C_2H_5	Phényl
(III)...........	H	CH_3	→	—$(CH_2)_5$—
(IV)............	H	CH_3	H	Phényl

Dosages de Tschugaeff-Zerewitinoff. — Si l'on traite les composés (I) et (I') par de l'iodure de méthyl magnésium en solution dans un mélange d'oxyde d'isoamyle et de xylène, on observe un fort dégagement gazeux. Le volume mesuré augmente pendant une dizaine de minutes et se stabilise à une valeur égale ou légèrement inférieure au volume de méthane qui correspond à un hydrogène mobile. Nous avons également soumis les autres lactones-esters à la méthode de Tschugaeff-Zerewitinoff et avons calculé le pour-cent de gaz dégagé par rapport au volume qui correspond à un hydrogène mobile : (II) 86 % en 19 mn ; (III) 81 % en 43 mn ; (IV) 56 % en 43 mn ; (V) 0 % environ.

Essais d'interprétation des résultats. — Nous ferons quelques remarques :

1° En traitant les γ-lactones *éthyléniques* par de l'iodure de méthyl magnésium, plusieurs auteurs ont obtenu des dégagements de méthane. Ceux-ci seraient dus à un atome d'hydrogène, non déterminé, du cycle lactonique. Cependant, il ne semble pas possible d'étendre cette explication aux esters paraconiques pour les raisons suivantes : le sodium et l'amidure de sodium n'attaquent pas les γ-lactones saturées (⁵) et le méthyl succinate d'éthyle, selon nos expériences, ne donne aucun dégagement gazeux avec CH_3MgI.

(²) W. S. Johnson, Davis, Hunt et Stork, *J. Amer. Chem. Soc.*, **70**, 1948, p. 3021.
(³) Barbier et Locquin, *Bull. Soc. Chim.*, [4], **13**, 1913, p. 229.
(⁴) *Bull. Soc. Chim.*, 1952 M, p. 527.
(⁵) Michael et Weiner, *J. Amer. Chem. Soc.*, **58**, 1936, p. 999.

2° Les magnésiens transforment les composés RR'R''C—CO_2R en forme énolique de la cétone intermédiaire, ceci en raison de l'empêchement stérique présenté par la fonction carbonyle. Il semble difficile d'admettre une telle énolisation chez les esters paraconiques puisque les composés (I), (I') et (II), très différents les uns des autres du point de vue stérique, ont des vitesses de réaction sensiblement égales.

3° Le cycle lactonique s'ouvrirait-il sous l'influence de la solution magnésienne en donnant un acide éthylénique? La vitesse du dégagement gazeux semble, en effet, d'après les quelques cas mentionnés ici, dépendre de la facilité avec laquelle la double liaison peut apparaître, la double liaison se plaçant, de préférence, en β-γ du groupement ester. Rappelons que les esters paraconiques se transforment facilement en acides éthyléniques sous l'influence du sodium ou des alcoolates et que les γ-lactones donnent lieu vers 200° à un équilibre lacto-énoïque. Cependant cette hypothèse est infirmée par la nature des produits résultant de l'action des magnésiens sur les esters α-cétoparaconiques (6) et sur les composés (I) ou (I') : avec les premiers, on isole uniquement des produits normalement attendus; avec les seconds, on obtient, selon nos expériences, une huile extractible à la soude, trop volatile pour être l'acide éthylénique correspondant à l'ouverture du cycle lactonique.

Nous poursuivons actuellement nos recherches dans ce domaine.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la préparation de la propargylamine par la méthode de Delépine* (1). Note (*) de M. **Israël Marszak** et Mme **Andrée Marszak-Fleury**, présentée par M. Marcel Delépine.

La propargylamine a été préparée avec un rendement de l'ordre de 50 % à partir du composé d'addition du benzène sulfonate de propargyle et de l'hexaméthylène tétramine.

Les amines primaires à fonction acétylénique vraie nous semblent présenter un intérêt particulier pour diverses synthèses. Le premier terme, la propargylamine, a été préparé pour la première fois par C. Paal et C. Hermann (2) en 1889, à partir de la β.γ-dibromopropylamine. Ces chercheurs n'ont pu l'isoler, mais en ont préparé différents sels. Dernièrement, J. Chauvelier et

(6) Ghilardi et Gault, *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 337.

(*) Séance du 29 août 1955.

(1) Document retiré du pli cacheté n° 13.025 déposé le 10 décembre 1952 ouvert à la demande des auteurs le 22 août 1955.

(2) *Ber. d. chem. Gesells.*, 22, 1889, p. 3075.

M. Gaudemar [3] ont étudié la réaction d'Hofmann avec le bromure de propargyle et ont réussi à isoler à l'état pur, à partir du mélange de bases obtenu, la propargylamine, la dipropargylamine et la tripropargylamine.

Il nous a paru intéressant d'établir un procédé fournissant la seule amine primaire. Ainsi, nous avons été amenés à essayer, dans la série acétylénique, la méthode Delépine [4], [5] pour la préparation des amines primaires à partir des halogénures d'alcoyle et de l'hexaméthylène tétramine.

Nous avons choisi comme matière première le benzène sulfonate de propargyle [6], qui s'obtient avec d'excellents rendements à partir de l'alcool propargylique.

Avec l'hexaméthylène tétramine, cet ester a fourni, de façon pratiquement quantitative un composé d'addition F 178°. Ce dernier a été décomposé par l'acide chlorhydrique hydroalcoolique; le processus de décomposition a été répété plusieurs fois en chassant au fur et à mesure l'acétal formé et en essorant les sels d'ammonium qui précipitent. Le mélange, concentré, a été alcalinisé par la soude en excès et soumis à une extraction continue par l'éther.

La propargylamine contenue dans la solution a été directement transformée en son chlorhydrate $HC \equiv C.CH_2.NH_2$, ClH F 179° (alcool-éther) qui a été ainsi obtenu avec un rendement de l'ordre de 50 % par rapport à l'alcool propargylique employé.

A partir de ce chlorhydrate, on a isolé la propargylamine libre, É 82-83°; $n_D^{14,5}$ 1,4500 (Chauvelier et Gaudemar indiquent, É 84°; n_D^{15} 1,4495).

Le dérivé acétylé de la propargylamine $HC \equiv C.CH_2NH.CO.CH_3$ F 85° (benzène) produit, à notre connaissance pas encore décrit dans la littérature, a été préparé par action de l'anhydride acétique et de l'acétate de soude sur la solution aqueuse de son chlorhydrate.

On a obtenu aussi le dérivé *p*-nitrobenzoylé $HC \equiv C.CH_2.NH.CO.C_6H_4(NO_2)$ F 188° (benzène).

Nous étudions les réactions de la propargylamine et essayons de généraliser cette méthode à l'obtention d'autres amines acétyléniques vraies ou disubstituées.

---

(3) *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 167.

(4) M. Delépine, *Comptes rendus*, 120, 1895, p. 501; 124, 1897, p. 292; *Bull. Soc. Chim.*, 17, 1897, (3), p. 1290.

(5) M. Delépine et Mme Jaffeux, *Bull. Soc. Chim.*, 31, 1922, (4), p. 108.

(6) O. Schlichting et K. Klager, U. S. A. P. 2.340.701.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la dissociation de quelques diacides organiques dissymétriques α.α-diarylés.* Note (*) de MM. **Henri Le Moal** et **François Salmon-Legagneur**, présentée par M. Charles Dufraisse.

Les diacides étudiés, de formule générale : $(C_6H_5)_2C(CO_2H)-(CH_2)_n-CO_2H$, avec $n = 3$, 4, 5, 6, ont été préparés et isolés, pour la première fois, par l'un de nous (1). Les constantes de dissociation expérimentales de chaque diacide K_1 et K_2 ont été mesurées, ainsi que celles des deux acides-esters méthyliques correspondants : K′ et K″. La comparaison des résultats avec ceux déjà obtenus pour les homologues inférieurs ($n = 1$ et 2), fournit des renseignements sur la structure de ces diacides et leur comportement chimique.

Les mesures de K_1, K_2, K′ et K″ ont été faites dans l'eau à 20°, sous atmosphère d'azote, suivant une technique déjà indiquée et discutée par l'un de nous (2). L'appareil utilisé est un pH mètre de précision, à électrode de mesure en verre et électrode de référence au calomel.

La faible solubilité dans l'eau des diacides étudiés et de leurs acides-esters, conduit à utiliser lors des mesures des solutions pratiquement saturées. Leur concentration est déterminée potentiométriquement. Dans ces conditions expérimentales, la précision est au mieux de $\pm 0,04$ pH pour les pK_1, pK′ et pK″ et de $\pm 0,10$ pour les pK_2. Il est donc indispensable de répéter les mesures un grand nombre de fois.

1. *Mesures de* K_1 *et* K_2. — Le tableau I rassemble les résultats obtenus :

Tableau I.

n.	Concentration. Solution acide (mol/l).	pK_1.	$K_1.10^5$.	pK_2.	$K_2.10^6$.
3..........	$9,5 \cdot 10^{-4}$	4,17	6,80	5,40	4,0
4..........	4,70 »	4,28	5,25	5,39	4,1
5..........	4,90 »	4,31	4,90	5,38-39	4,1
6..........	1,68 »	4,32-33	4,7	5,38	4

2. *Mesure des constantes* K′ *et* K″. — Tous les acides-esters sont préalablement dissous dans 5 ou 10 cm³ d'éthanol pur et la solution est versée dans de l'eau bidistillée. Le volume du mélange est ajusté à 1 000 cm³. La dissolution des acides-esters doit être faite à froid pour éviter une hydrolyse possible. Une

(*) Séance du 29 août 1955.

(1) Salmon-Legagneur, *Comptes rendus*, **236**, 1953, p. 2154 et **240**, 1955, p. 2320; Salmon-Legagneur et C. Neveu, *Comptes rendus*, **237**, 1953, p. 64 et **240**, 1955, p. 1229.

(2) H. Le Moal, *Thèse de Doctorat*, Paris, 1952; *Ann. Chimie*, (12), 8, 1953, p. 871.

quantité de soude titrée est préalablement ajoutée au mélange pour obtenir au départ une solution plus concentrée en acide-ester. Après stabilisation de la solution, celle-ci est filtrée et les mesures sont faites sur le filtrat aux environs de la demi-neutralisation.

Au-delà de $n = 5$, la solubilité des acides-esters devient trop faible et la mesure de K′ et K″ illusoire. Le tableau II rassemble les résultats obtenus :

TABLEAU II.

n.	pK′.	K′.10⁵.	pK″.	K″.10⁵.
3	4,26	5,50	4,84	1,44
4	4,40	3,95	4,97	1,08
5	4,50	3,15	5,08	0,83

3. L'examen des résultats précédents conduit aux conclusions suivantes :

a. La constante globale K_1 est égale à la somme $K' + K''$, aux erreurs expérimentales près, du moins pour $n = 3$ et 4. Il en résulte que l'hypothèse de Barton ([3]) est valable pour les acides étudiés, comme elle l'était pour l'homologue inférieur, $n = 2$ ([2]). Dans ces conditions, comme l'un de nous l'a déjà montré ([2]), il est possible de calculer les quatre constantes de dissociation d'un diacide dissimétrique, à savoir : K_α et K_β constantes de dissociation primaires, relatives à chaque carboxyle, K_γ et K_δ, constantes de dissociation secondaires, relatives à chaque anion primaire.

b. La validité de l'hypothèse de Barton permettrait d'envisager celle de la loi de Bjerrum et de déduire des résultats précédents une valeur plausible pour la distance des deux groupements carboxyles.

L'imprécision sur les valeurs de K′ et K″ rend un tel calcul illusoire pour $n = 5$ et au delà. Le tableau III rassemble les résultats relatifs aux paragraphes *a* et *b*.

TABLEAU III.

n.	$K_\alpha.10^5$.	$K_\beta.10^5$.	$K_\delta.10^5$.	$K_\gamma.10^5$.	*r* calculé Å.
3	5,50	1,44	1,86	0,50	6,7
4	3,95	1,08	1,95	0,52	10
5	3,15	0,83	1,97	0,51	–

c. L'allure générale des phénomènes observés dans la série des diacides étudiés, de $n = 2$ à $n = 6$, est sensiblement analogue à celle constatée pour les diacides aliphatiques normaux, pour *n* variant de 1 à 9 ([4]). Les pK_2 restent pratiquement constants et la différence $\Delta = pK_2 - pK_1$ diminue régulièrement

([3]) *Nature*, 160, 1947, p. 752.

([4]) M.-L. DONDON, *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 1223.

lorsque n croît. Mais le phénomène dans les deux cas, est très différent pour $n=1$ et se traduit dans le cas du diacide $\alpha\alpha$-disubstitué par un accroissement considérable de la différence $\Delta = pK_2 - pK_1$. Nous donnerons ultérieurement l'explication de cet accroissement.

CYTOLOGIE. — *Examen au microscope électronique de la zone de Golgi des spermatides de Rat.* Note (*) de M. **Yves Clermont** et Mlle **Françoise Haguenau**, présentée par M. Robert Courrier.

Il est facile d'identifier au microscope électronique la zone de Golgi des jeunes spermatides de Rat parce qu'elle est adjacente à l'appareil acrosomique ([1]). Le microscope électronique permet en outre d'affirmer qu'il s'agit bien effectivement d'une zone de Golgi puisque son ultra-structure montre les mêmes éléments que ceux qui ont été décrits récemment dans la zone de Golgi de plusieurs types cellulaires ([2]).

On y observe en effet des vacuoles, des microvésicules et un système lamellaire de doubles membranes. Entre ces trois structures toutes les formes de passage peuvent se voir. Une étude attentive de la figure 1 permettra de suivre la formation de vacuoles ou de microvésicules par dilatation ou par fragmentation des fins canaux que constituent les doubles membranes. Tous ces éléments représentent donc divers aspects d'un même système cavitaire plus ou moins rétréci ou dilaté.

Dans les jeunes spermatides l'arrangement topographique des divers éléments de la zone de Golgi est caractéristique. Les structures lamellaires occupent généralement la portion corticale de la zone où elles se disposent en une sorte de capsule autour d'une portion médullaire. En certains points les doubles membranes s'empilent en masses denses et correspondent vraisemblablement aux dictyosomes classiques ([3]).

Dans la portion médullaire de la zone de Golgi les microvésicules prédominent et coiffent la surface de l'appareil acrosomique lorsque celui-ci est bien développé (*fig.* 1).

A la périphérie de la zone de Golgi on note la présence de larges vacuoles qui paraissent se former par gonflement des doubles membranes. On les

---

(*) Séance du 8 août 1955.

([1]) C. P. Leblond et Y. Clermont, *Amer. J. Anat.*, 90, 1952, p. 167-215.

([2]) A. J. Dalton et M. C. Felix, *Amer. J. Anat.*, 94, 1954, p. 171-208; F. S. Sjöstrand et V. Hanzon, *Exp. Cell. Res.*, 7, 1954, p. 415-429; F. Haguenau et W. Bernhard, *Arch. Anat. Micr. et Morph. Comp.*, 44, 1955, p. 27-55.

([3]) J. G. Gatenby et J. H. Woodger, *Quart. J. Micr. Sc.*, 65, 1920, p. 265-292.

retrouve dans le cytoplasme environnant même à distance de la zone de Golgi (*fig.* 1).

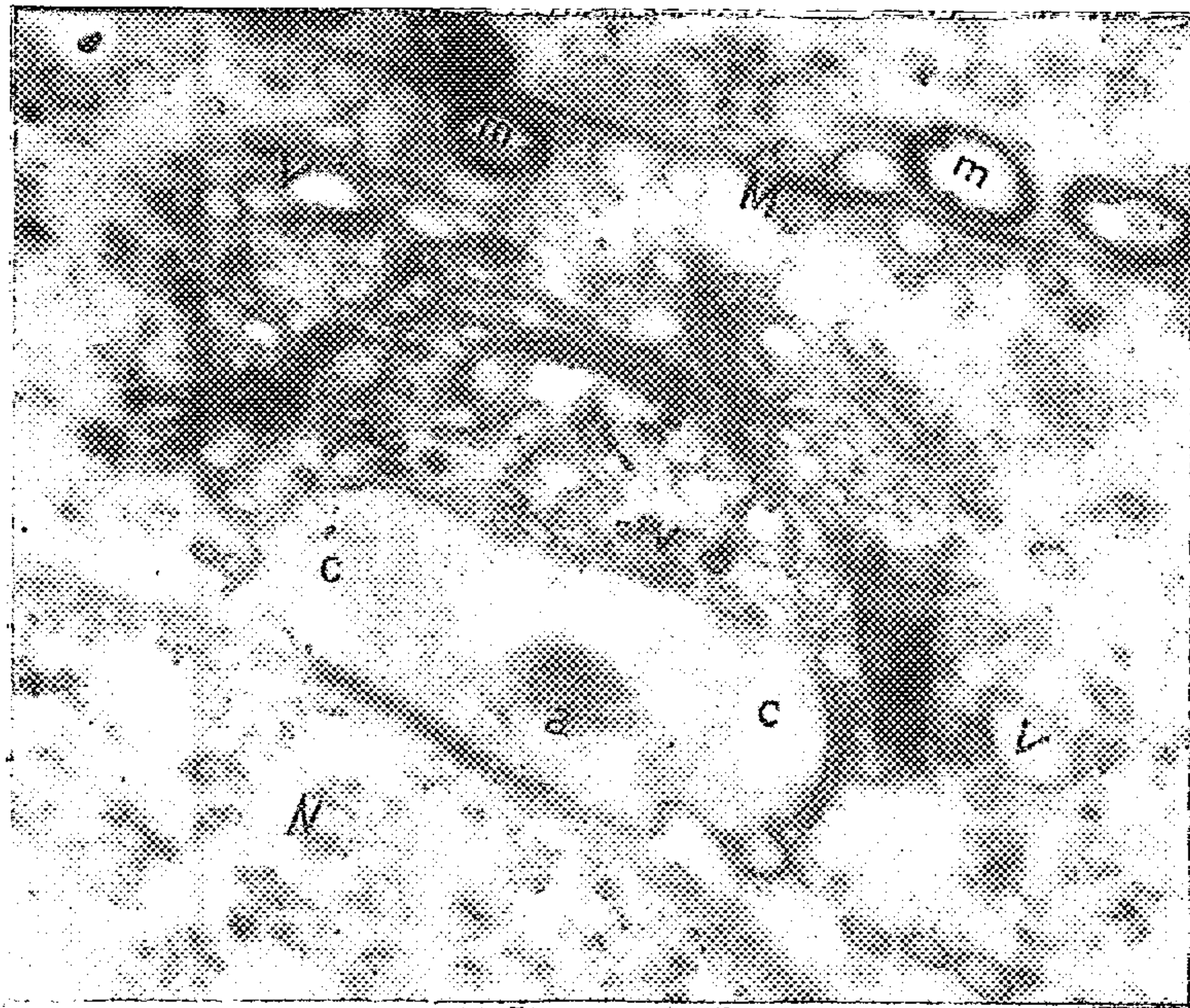


Fig. 1. — Jeune spermatide de Rat. Contre le noyau (N), le système acrosomique, à un stade où l'on voit nettement l'acrosome interne (*a*) et le futur capuchon céphalique (*c*). L'ensemble est coiffé d'une zone de Golgi typique qui comprend des microvésicules (*v*), des vacuoles (V) et des structures lamellaires « en écailles » disposées à la périphérie (dictyosomes). M, membrane cellulaire; *m*, mitochondries. Gross. 28.500.

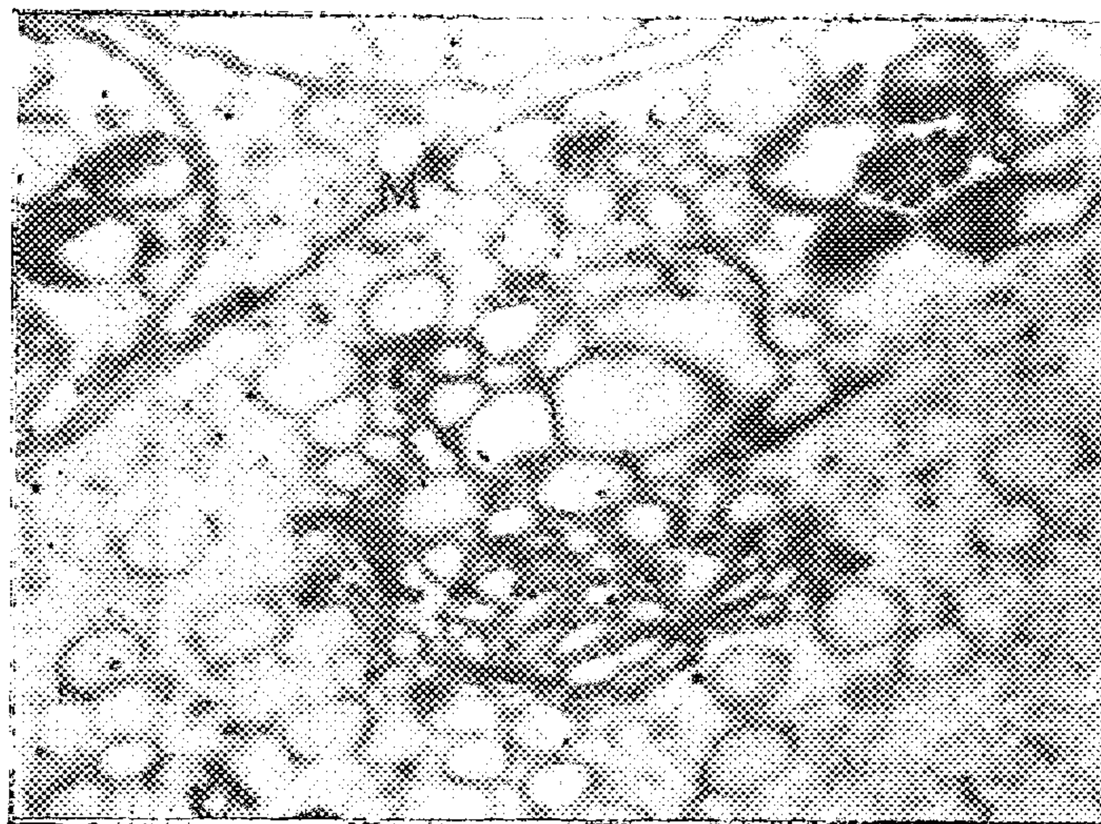


Fig. 2. — Lobe cytoplasmique résiduel d'une spermatide de Rat. A ce stade, la zone de Golgi a une structure presque uniquement vacuolaire. M, membrane cellulaire; Q, queue de spermatide entourée de mitochondries. Gross. 10.500.

Dans les spermatides plus évoluées, la zone de Golgi change d'aspect lorsqu'elle se détache du système acrosomique et qu'elle se déplace vers le lobe cytoplasmique résiduel. Tandis qu'au début de la spermiogénèse la zone de Golgi est dense, relativement bien délimitée et formée surtout de doubles membranes et de microvésicules, la zone de Golgi résiduelle devient nettement vacuolaire (*fig.* 2).

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *La présence d'un système oxydatif direct du glucose 6-phosphate dans le cristallin.* Note de MM. **Paul Mandel** et **Jean Klethi**, présentée par M. René Fabre.

Le cristallin est pourvu d'un système oxydatif direct du glucose 6-phosphate. Les déshydrogénases qui assurent la dégradation du glucose 6-phosphate et de l'acide 6-phosphogluconique ont pour coenzyme le triphosphopyridine nucléotide (TPN).

Au cours de recherches antérieures ([1]), nous avons montré que le système glycolytique du cristallin était en tout point analogue à celui d'autres tissus. Il nous a paru intéressant de rechercher la présence dans le cristallin d'un système oxydatif qui partant du glucose 6-phosphate aboutit au mélange de ribulose et ribose 5-phosphate passant par l'acide 6-phosphogluconique.

Les travaux récents ont attiré l'attention sur la place importante qu'occupe la dégradation oxydative directe du glucose 6-phosphate dans les tissus de mammifères ([2]), ([3]), ([4]), ([5]). La présence éventuelle de ce type de dégradation dans le cristallin serait d'autant plus importante à connaître que le cristallin se classe parmi les tissus à glycolyse anaérobie, ce dont témoigne le taux élevé d'acide lactique dans l'humeur aqueuse.

Nos essais ont porté sur des homogénats de parties antérieures de cristallins de veaux. Pour chaque essai, nous avons employé 20 cristallins qui ont été broyés dans 20 cm^3 d'eau bidistillée froide puis soumis à une dialyse sous pression constante. L'activité des déshydrogénases du glucose 6-phosphate et de l'acide 6-phosphogluconique a été déterminée en suivant la réduction du triphosphopyridine nucléotide (TPN) en présence des substrats correspondants, selon la méthode de Glock et McLean ([2]).

Le glucose 6-phosphate a été préparé selon la méthode de K. P. Dubois

---

([1]) P. Mandel et D. Izraelewicz, *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 404.

([2]) G. E. Glock et P. Mc Lean, *Biochem. J.*, 55, 1953, p. 400.

([3]) F. Dickens et G. E. Glock, *Nature*, 166, 1950, p. 33.

([4]) F. Dickens et G. E. Glock, *Biochem. J.*, 50, 1951, p. 81.

([5]) B. L. Horecker et P. Z. Smyrniotis, *J. Biol. Chem.*, 193, 1951, p. 371.

et V. R. Potter [6] légèrement modifiée. L'acide 6-phosphogluconique nous a été offert par le Professeur F. Dickens. Le milieu réactionnel était constitué comme suit :

— tampon phosphaté à 0,1 M de pH 7,1, 0,5 cm^3 ;

— glucose 6-phosphate ou acide 6-phosphogluconique à concentration finale de 0,1 M, 0,5 cm^3 ;

— coenzyme I ou coenzyme II : 0,4 mg par cm^3, 0,5 cm^3.

La préparation de TPN titrait 60 %, celle de diphosphopyridine nucléotide (DPN) 90 %. La réduction du TPN et du DPN a été suivie au spectrophotomètre. Les mesures ont été effectuées à 340 mμ.

Les résultats de nos essais sont résumés dans les graphiques I et II.

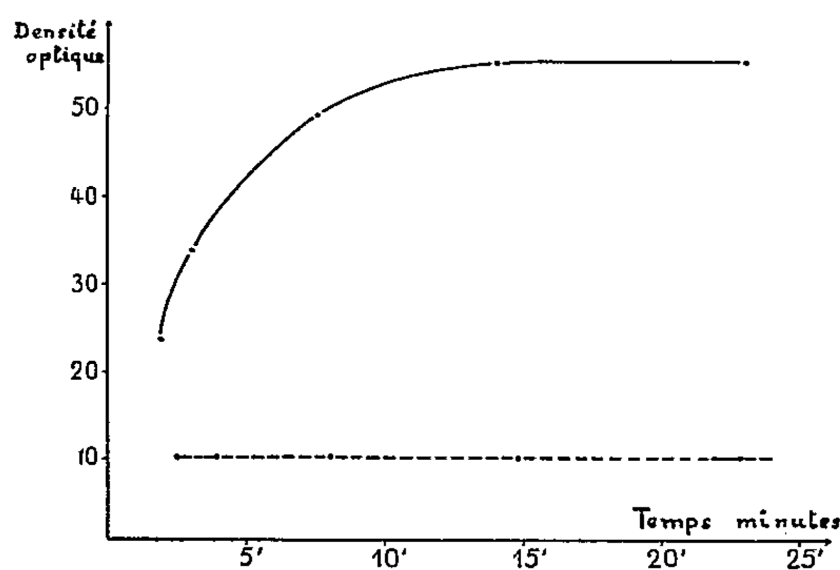


Fig. 1.

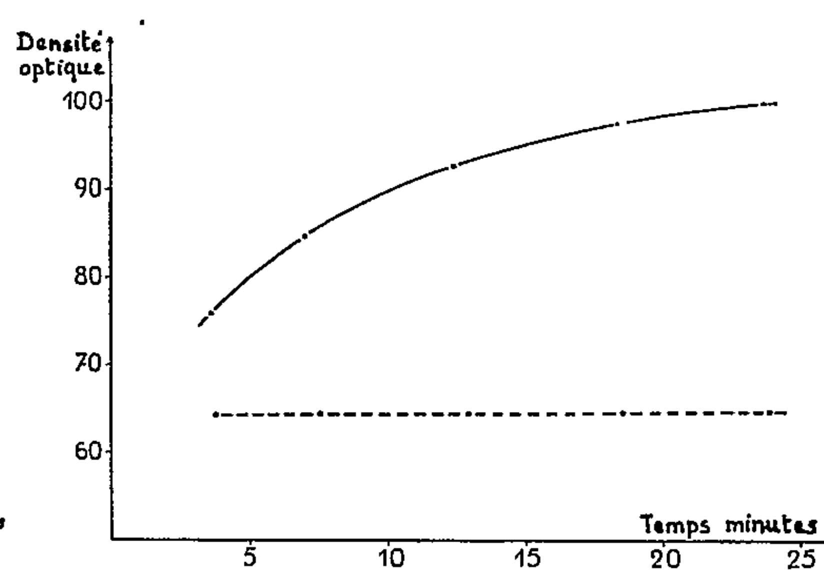


Fig. 2.

Fig. 1. — Oxydation du glucose 6-phosphate par un extrait de cristallin.
—— Activité de la glucose 6-phosphate déshydrogénase du cristallin suivie par la réduction du TPN.
---- En présence de DNP et en l'absence du TPN, on ne note pas d'action déshydrogénasique.
Mesures spectrophotométriques à 340 mμ.

Fig. 2. — Oxydation de l'acide 6-phosphogluconique par un extrait de cristallin.
—— Activité de la 6-phosphogluconate déshydrogénase du cristallin suivie par la réduction du TPN.
----- En présence de DNP et en l'absence du TPN, on ne note pas d'action déshydrogénasique.
Mesures spectrophotométriques à 340 mμ.

Il ressort de l'examen des graphiques que le cristallin contient des déshydrogénases qui assurent la dégradation du glucose 6-phosphate et de l'acide 6-phosphogluconique. La réaction nécessite la présence de TPN qui joue un rôle de coenzyme accepteur d'hydrogène comme dans le cas du système oxydatif direct d'autres tissus. L'action des déshydrogénases mises en évidence ne se manifeste pas en présence de DPN.

Nous avons également constaté que la dégradation du glucose 6-phosphate en présence de TPN aboutit à la formation de ribose. En appliquant la

---

(6) *J. Biol. Chem.*, 147, 1943, p. 41.

technique de W. Mejbaum [7], nous avons mis en évidence la production dans le milieu réactionnel de 15 à 63 γ de ribose pour des durées de réaction de 5 à 20 mn. Les quantités optima étaient obtenues à pH 8,5.

La séance est levée à 15 h 40 m.

L. B.

(7) *Z. Physiol. Chem.*, 258, 1939, p. 117.



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 19 SEPTEMBRE 1955.

PRÉSIDENCE DE M. Louis FAGE.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** annonce le décès, survenu à Fayence, Var, le 2 septembre, de M. **Henri Dulac**, Correspondant pour la Section de Géométrie. Il invite l'Académie à se recueillir en silence pendant quelques instants, en signe de deuil.

La notice nécrologique d'usage sera présentée en l'une des prochaines séances.

*Notice nécrologique sur l'Œuvre d'*Emmanuel de Martonne, *Membre de la Section de Géographie et Navigation,* par M. **Donatien Cot** (*), lue par M. **Georges Durand-Viel.**

Emmanuel-Louis-Eugène de Martonne qui nous a quittés le 24 juillet dernier, était né à Chabris, dans l'Indre, le 1er avril 1873. Entré à l'École Normale Supérieure dans la section des Lettres en 1892, il en était sorti Agrégé d'Histoire et de Géographie. Ses goûts et ses aptitudes l'avaient attiré dans cette voie et il avait discerné de bonne heure l'utilité d'une culture scientifique solide pour tout chercheur désireux de faire œuvre personnelle dans le domaine de la géographie physique, où il ne devait pas tarder à se spécialiser.

Aussi, dès sa sortie de l'École en 1895, avait-il, selon ses propres expressions « recommencé son éducation en passant par la Licence ès sciences et en s'initiant à la Météorologie et à la Topographie ».

Après avoir pris contact avec les Professeurs de Géographie les plus connus de Berlin et de Vienne, il songea à effectuer une exploration scientifique de la région des lacs du Haut-Nil. Les circonstances ne lui ayant pas permis d'entreprendre une telle campagne qui eût entraîné d'assez fortes dépenses, il ne

---

(*) Séance du 5 septembre 1955.

renonça pas, cependant, à son idée de poursuivre des études sur le terrain, dans un pays neuf. Il choisit en premier lieu pour théâtre de ses opérations, une région montagneuse encore insuffisamment décrite, située au Nord des Balkans : les Carpates méridionales, pays qu'il explora d'abord en 1896, dont il apprit la langue (le roumain) et où il revint souvent travailler par la suite. Il y exécuta lui-même des levés topographiques à diverses échelles et présida à l'exécution d'un plan en relief au 1/25 000e du massif qui porte le nom de Paringu. Les résultats de ces travaux qui se rapportent aussi aux traces glaciaires, à la bathymétrie lacustre, à l'évolution des vallées et à la capture des rivières, firent l'objet d'une importante publication qui lui valut le grade de docteur ès sciences en 1907.

Après avoir occupé une chaire de géographie à la Faculté de Rennes, où il avait eu l'occasion d'orienter l'enseignement vers la précision scientifique, il avait quitté en 1905 cette Université pour celle de Lyon où l'étude des phénomènes morphologiques des Hautes Alpes, ainsi que la confrontation des données physiques sur le mouvement général des glaciers avec les résultats des observations que le recul des glaciers actuels permet de faire dans leur lit, le conduisirent à exposer une théorie personnelle de l'érosion glaciaire et de l'évolution des vallées alpines qui, après quelques oppositions, a rallié finalement la quasi-unanimité des suffrages.

Appelé à professer à Paris en 1909, il fut bientôt chargé de l'organisation de l'Institut de géographie, dont il sut faire un établissement digne de la plus grande Université française. La bibliothèque, les collections des documents cartographiques et photographiques, des plans en relief et des instruments, furent vivement appréciées des membres du Congrès international qui s'y réunit en septembre 1931. A la tête de cet Institut, E. de Martonne s'efforça d'entraîner de plus en plus les élèves aux recherches de la Morphologie à l'aide de travaux pratiques et par des excursions en pays éloignés, qu'il dirigea lui-même en Algérie jusqu'à Colomb-Béchar, en Transylvanie, en Yougoslavie jusqu'à la Macédoine.

La renommée d'Emmanuel de Martonne avait franchi nos frontières et l'Université Columbia de New-York en 1916, celle de Cluj en 1921, celle de Prague en 1923, tinrent à bénéficier de son enseignement et à profiter ainsi du rayonnement de la culture française. Son action dans ce sens se développa également au cours des missions qui lui furent confiées en Europe méditerranéenne, dans les pays Nordiques, en Afrique et dans les deux Amériques.

Dans ces missions officielles ainsi que dans les voyages qu'il effectua pour assister à divers Congrès internationaux, E. de Martonne avait, à plusieurs reprises, visité des régions situées à la limite d'étendues désertiques : dans la partie occidentale des États-Unis, au Mexique, dans le Sud de l'Algérie et du Maroc, en Haute-Égypte. Par les observations dont elles lui fournirent le sujet, ces excursions l'amenèrent à entreprendre une nouvelle série de recherches

dans le but de préciser les causes de l'aridité du sol, sans négliger l'influence, à ce point de vue, des variations du climat au cours des périodes géologiques récentes. Une grande carte des régions qu'il qualifia d'aréiques, c'est-à-dire privées d'écoulement, fut établie par ses soins à l'Institut de Géographie et publiée à une échelle réduite par l'Union Géographique Internationale à l'occasion du Congrès de Cambridge en 1928. Cette carte était accompagnée d'un commentaire explicatif de 200 pages.

Les conclusions de ces recherches furent que plus du tiers des continents est privé d'écoulement vers la mer, qu'un peu moins de la moitié est normalement drainé et qu'un dixième environ est privé de tout écoulement. D'où une importance jusque-là insoupçonnée du domaine aride, domaine que E. de Martonne parvint à caractériser par une formule donnant l'*indice d'aridité*, fonction de la température et des précipitations. La formule de l'indice d'aridité a été discutée et a servi à établir des cartes en Allemagne, en Pologne, en Roumanie, en Italie, en Tunisie, au Maroc, au Mexique.... L'emploi de cet indice s'est généralisé en Géographie physique et a donné une impulsion nouvelle à cette science qui établit un lien entre la Géographie, la Géologie, la Météorologie et l'Hydrographie fluviale.

Un voyage accompli en 1935 au Brésil, en Argentine, au Chili et au Pérou permit à E. de Martonne de vérifier et de préciser par des études sur le terrain, les conclusions auxquelles l'avait conduit la préparation de la carte des régions aréiques et de faire une application étendue de la notion d'indice d'aridité. Il put ainsi démontrer que les contrées arides, généralement répandues sur le globe terrestre en zones se développant suivant des parallèles de latitude, s'allongent en Amérique du Sud selon une bande méridienne de 40° qui atteint presque l'Équateur à la Baie de Guyaquil, qui traverse les Andes entre le Chili et l'Argentine, puis en diagonale tout le Continent Sud-Américain entre l'Océan Pacifique et l'Océan Atlantique. Il a donné de ce remarquable phénomène une explication basée sur une combinaison particulière des circonstances locales du climat et du relief ainsi que sur des mouvements tectoniques récents.

Malgré l'importance de ses travaux sur le terrain, dont nous n'avons donné qu'une esquisse incomplète, E. de Martonne a trouvé le temps de se consacrer à des publications magistrales hautement estimées. Il faut citer en premier lieu le « Traité de Géographie physique » en trois volumes, qui est devenu classique et qui a fait l'objet de très nombreuses éditions françaises et de traductions en plusieurs langues. Le succès de cet ouvrage dans tous les pays montre combien il a été apprécié du public spécialisé et fait honneur à son auteur.

Celui-ci avait été chargé par son maître Paul Vidal de Lablache d'écrire la « Géographie descriptive de l'Europe Centrale » qui rentrait dans le plan d'une nouvelle Géographie Universelle. Il s'agissait de donner une vue d'ensemble de pays dissemblables et de caractères très divers, sans qu'il fût possible de négliger l'aspect politique ou même économique du sujet. Aussi la

rédaction des deux volumes de cette Géographie descriptive exigea-t'elle un gros effort, bien que l'auteur y eût été, sur quelques points, préparé par le genre d'activité que les circonstances lui avaient imposé à la fin de la première guerre mondiale. Il avait été, en effet, durant cette guerre, attaché au Service Géographique de l'Armée, où il rendit d'éminents services en contribuant à l'établissement de notices relatives à diverses parties du front allié qui s'étendait en Europe depuis Dunkerque jusqu'à Salonique. Devenu secrétaire du Comité d'études chargé de préparer la documentation géographique pour les négociations du Traité de paix, il participa à la Conférence de la Paix en qualité d'expert pour les questions territoriales.

Il avait assumé la charge du Secrétariat du Comité National de Géographie institué sur l'initiative de l'Académie des Sciences et eût, à ce titre, à remplir la lourde tâche de préparer le Congrès International de Paris en 1931. A cette occasion, il amorça la réalisation d'un « Atlas de France » comparable aux atlas nationaux les plus réputés et dont certaines cartes comme la carte morphologique de France en quatre feuilles ont été rédigées par lui-même.

Il était membre d'honneur d'une douzaine de Sociétés de Géographie étrangères. Docteur *honoris causa* de l'Université de Cambridge (Angleterre) et de l'Université de Cluj (Roumanie).

Il avait rempli les fonctions de Secrétaire Général de l'Union Géographique Internationale de 1931 à 1937.

Il avait été élu, le 27 octobre 1942, Membre de l'Académie des Sciences dans la section de Géographie et Navigation, en remplacement d'Eugène Fichot.

Il était Officier de l'Ordre de la Légion d'Honneur.

Il laissera parmi nous le souvenir d'un travailleur infatigable, d'un novateur aux idées hardies et fécondes, d'un savant de haute conscience qui a consacré sa vie au développement de la Géographie physique.

A sa veuve cruellement éprouvée, à sa fille, Madame Pierre Leconte, l'Académie des Sciences adresse ses vives condoléances et l'expression de sa profonde sympathie.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Sur une solution du problème des mouvements presque linéaires non permanents d'un fluide parfait compressible.* Note de M. **Dimitri Riabouchinsky**.

Extension aux mouvements non permanents à deux ou trois dimensions d'une théorie générale développée précédemment (¹) pour les mouvements permanents.

Prenons le potentiel des vitesses φ et les deux fonctions de courant ψ'_1 et ψ'_2, en admettant que les carrés du petit paramètre α peuvent être négligés, sous la

(¹) *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 472.

forme

$$(1)\qquad \begin{cases} \varphi_1 = x_1 + \alpha_1 f(x_1, y_1, z_1, t_1), \qquad \varphi_1 = y_1 + \alpha_1 f_1(x_1, y_1, z_1, t_1), \\ \psi_2 = z_1 + \alpha_1 f_2(x_1, y_1, z_1, t_1) \end{cases}$$

ou bien, avec la même approximation,

$$(2)\qquad \begin{cases} x_1 = \varphi_1 - \alpha_1 f(\varphi_1, \psi_1, \psi_2, t_1), \qquad y_1 = \psi_1 - \alpha_1 f_1(\varphi_1, \psi_1, \psi_2, t_1), \\ z_1 = \psi_2 - \alpha_1 f_2(\varphi_1, \psi_1, \psi_2, t_1). \end{cases}$$

L'équation définissant les variations de la densité ρ et la pression p se présente, dans les deux systèmes de coordonnées, comme suit :

$$(3)\qquad \frac{\rho - \rho_1}{\rho_1} = \left(\frac{p}{p_1}\right)^{\frac{1}{\gamma}} - 1 = -\alpha_1 \mathrm{M}^2\left(\frac{\partial f}{\partial x_1} + \frac{\partial f}{\partial t_1}\right) = -\alpha_1 \mathrm{M}^2\left(\frac{\partial f}{\partial \varphi_1} + \frac{\delta f}{\delta t_1}\right),$$

où $\mathrm{M} = q_1 : c$ est le nombre de Mach et $\delta f/\delta t_1$ — la dérivée partielle par rapport au temps t_1 pour le système de variables φ_1, ψ_1, ψ_2, t_1.

Dans les équations (1), (2), (3) les variables et le paramètre α, sont non dimensionnés; par exemple, $x_1 = x : h$, $\varphi_1 = \varphi : hq_1$, $\psi_1 = \psi'_1 : h\sqrt{q_1}$, $t_1 = tq_1 : h$, $u_1 = u : q_1$, $\alpha_1 = \alpha : h$, etc., les constantes h et q_1 sont respectivement une longueur et une vitesse.

En tenant compte de la première des équations (1) et de l'équation (3), on ramène l'équation de la conservation de la masse

$$\frac{\partial}{\partial x_1}\left(\frac{\rho}{\rho_1} u_1\right) + \frac{\partial}{\partial y_1}\left(\frac{\rho}{\rho_1} v_1\right) + \frac{\partial}{\partial z}\left(\frac{\rho}{\rho_1} w_1\right) + \frac{\partial}{\partial t_1}\left(\frac{\rho}{\rho_1}\right) = 0,$$

à la forme

$$(4)\qquad \frac{\partial^2 f}{\partial x_1^2} + \frac{\partial^2 f}{\partial y_1^2} + \frac{\partial^2 f}{\partial z_1^2} - \mathrm{M}^2\left(\frac{\partial^2 f}{\partial x_1^2} + 2\frac{\partial^2 f}{\partial x_1\,\partial t_1} + \frac{\partial^2 f}{\partial t_1^2}\right) = 0$$

ou, en revenant aux grandeurs dimensionnées,

$$(5)\qquad \left(1 - \frac{q_1^2}{c^2}\right)\frac{\partial^2 f}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 f}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 f}{\partial z^2} - 2\frac{q_1}{c^2}\frac{\partial^2 f}{\partial x\,\partial t} - \frac{1}{c^2}\frac{\partial^2 f}{\partial t^2} = 0.$$

Pour $q_1 = 0$, cette équation se réduit à celle de la propagation du son. Cette dernière peut donc être considérée comme cas particulier de l'équation (5).

Nous avons obtenu l'équation (5), ou (4), en nous basant sur les équations régissant les mouvements absolus d'un fluide compressible. La démonstration qu'on en donne généralement (²) est basée sur le raisonnement suivant : soit $f(x, y, z, t) = 0$ une solution de l'équation de la propagation du son dans le mouvement absolu. Dans le mouvement relatif cette équation devient $f(x - q_1 t, y, z, t) = 0$ et l'on constate que cette dernière est une solution de l'équation (5).

(²) E. A. Krasilchikowa, *L'aile d'envergure finie dans un fluide compressible* (en russe), Moscou, 1952, p. 16.

L'équation (5), ou (4), comporte aussi des solutions particulières dont, on ne saurait dire qu'elles vérifient l'équation de la propagation du son rapportée à un système d'axes en translation uniforme. Soient

$$f = \frac{1}{\varkappa a} \sum_{\nu} [\mathcal{F}_\nu(\zeta_\nu) - \mathcal{F}_\nu(\bar{\zeta}_\nu)],$$

$$f_1 = -\sum b_{1\nu}[\mathcal{F}_\nu(\zeta_\nu) + \mathcal{F}_\nu(\bar{\zeta}_\nu)], \qquad f_2 = - b_{2\nu}[\mathcal{F}_\nu(\zeta_\nu) + \mathcal{F}_\nu(\bar{\zeta}_\nu)],$$

$$\zeta = (\gamma_\nu x_1 - \beta_\nu t_1) + \varkappa a(b_{1\nu} y + b_{2\nu} z), \qquad \bar{\zeta} = (\gamma_\nu x_1 - \beta_\nu t) - \varkappa a(b_{1\nu} y + b_{2\nu} z),$$

$$(\varkappa a)^2 = |M^2 - 1|, \qquad a^2 = M^2 - 1, \qquad b_{1\nu} = b_\nu \cos \alpha_\nu, \qquad b_{2\nu} = b_\nu \sin \alpha_\nu.$$

Les fonctions $\mathcal{F}_\nu$ sont des fonctions analytiques arbitraires. Les fonctions f_1 et f_2 vérifient, de même que l'équation f, l'équation (4). Les paramètres b_ν, β_ν et γ_ν sont liés par l'équation

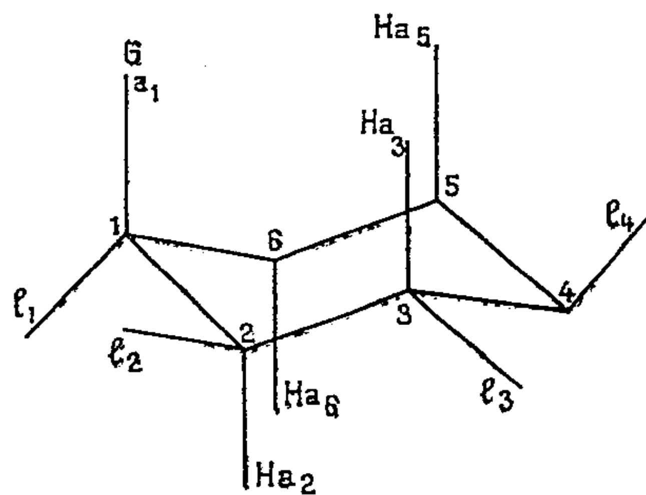
$$\gamma_\nu^2 + \varkappa^2 a^2 b_\nu^2 - M^2(\gamma_\nu^2 - \beta_\nu)^2 = 0.$$

L'inversion (2) facilite considérablement le tracé des lignes de courant, des surfaces équipotentielles et des surfaces de pression constante.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Contribution à l'étude des influences régnant dans les molécules cyclohexaniques simples.* Note (*) de M. **Daniel Capon**, Mlle **Marie-Madeleine Claudon** et M. **Raymond Cornubert**.

Nos expériences militent en faveur de la théorie de Hassel concernant l'influence des atomes d'hydrogène axiaux.

Nous relatons ici nos premiers résultats relatifs à l'effet des atomes d'hydrogène axiaux Ha_3 et Ha_5 sur un groupe G situé axialement en 1 [1], idée avancée par Hassel et ses collaborateurs [2] :



(*) Séance du 5 septembre 1955.

(1) R. Cornubert, *Bull. Soc. chim.*, 1955, p. 75.

(2) Bastiansen et Hassel, *Tidssk. for Kemi, Bergwesen og Metallurgi*, 6, 1946, p. 97, idée étayée par un résultat expérimental d'ordre physique (Hassel et Lunde, *Acta Cryst.*, 2, 1949, p. 309).

Avec cet objectif, les six méthylcyclohexanols ont été étudiés en déterminant les constantes de saponification de leurs phtalates acides en milieu hydroalcoolique à 25 % d'éthanol à la température de 70°; ces résultats se résument ainsi :

	CH_3.	OH.	$k_{70°}$.	$K = \frac{k_{trans}}{k_{cis}}$.	Distances entre groupes OH et CH_3 en Å ([3]).
e_2	*cis*	a_1(Pt)	$1,25 \pm 0,07$	1,76/1	2,95
	trans	e_1(Na)	$2,20 \pm 0,07$		2,95
e_3	*trans*	a_1(Pt)	$3,25 \pm 0,11$	1/2,46	4,35
	cis	e_1(Na)	$8,00 \pm 0,10$		5,03
e_4	*cis*	a_1(Pt)	$3,30 \pm 0,08$	2,5/1	4,61
	trans	e_1(Na)	$8,25 \pm 0,15$		5,81

Ils conduisent aux conclusions suivantes :

1° La comparaison des deux stéréoisomères méthylés en α, pour lesquels la distance entre groupes OH et CH_3 est la même, montre qu'une influence indépendante du groupe méthyle intervient, et l'on ne peut actuellement qu'attribuer cette dernière à l'action des atomes d'hydrogène axiaux en 3 et 5 sur l'OH axial en 1 de l'isomère *cis* à la distance de 2,55 Å ([3]), en faisant remarquer toutefois que l'éloignement OH(e_1) — H(a_2) [ou — H(a_6)] est de 2,74 Å chez l'isomère *trans* ([4]), ([5]).

2° Dans les trois séries méthylées en 2, 3 et 4, les isomères équatoriaux (CH_3) — axiaux (OH) réagissent plus lentement que les isomères biéquatoriaux correspondants.

3° Le β-méthylcyclohexanol *trans* (ex-*cis*) au platine et le γ-méthylcyclohexanol *cis* au platine, présentent des constantes k qui sont entre elles comme 3,25 et 3,30 (rapport 0,98) alors que les distances entre substituants sont respectivement de 4,35 et 4,61 (rapport 0,94). Par contre le rapport des constantes k correspondant au β-méthylcyclohexanol *cis* (ex-*trans*) au sodium et au γ-méthylcyclohexanol *trans* au sodium est de 0,97 (8,00/8,25) alors que celui des distances est de 0,870 (5,03/5,81). Ceci montre que les rapports entre les distances ne suffisent pas pour rendre les activités fonctionnelles relatives dans des cas même très voisins. Mais il faut noter ce qui suit :

([3]) En réalité on distances calculées pour C—C : 1,54 Å, C—H : 1,09 et en assimilant C—OH à C—C; l'erreur ainsi introduite est très faible; nous préciserons ultérieurement ce raisonnement.

([4]) Ces deux distances sont donc inférieures à 2,95 Å qui est celle du groupe méthyle à un groupe OH.

([5]) Cette différence d'état entre l'OH axial et l'OH équatorial s'exagère considérablement lorsque le groupe méthyle est remplacé par le groupe isopropyle; nous reviendrons sur ce point comme suite à une précédente publication ([1]).

a. les β-méthylcyclohexanol *trans* (au platine) et γ-méthylcyclohexanol *cis* au platine ont des constantes k identiques ($3{,}25 \pm 0{,}11$ et $3{,}30 \pm 0{,}08$) et leurs groupes méthyle équatoriaux se situent derrière la barrière des atomes d'hydrogène Ha_3 et Ha_5.

b. les β-méthylcyclohexanol *cis* (au sodium) et γ-méthylcyclohexanol *trans* (au sodium) ont des constantes k pratiquement identiques ($8{,}00 \pm 0{,}10$ et $8{,}25 \pm 0{,}15$) et leurs groupes méthyle équatoriaux se placent relativement loin derrière le plan des valences Ha_2 et Ha_6.

Il semble donc que compte essentiellement la paire d'atomes d'hydrogène axiaux intéressés, le groupe Ha_2Ha_6 agissant moins sur l'hydroxyle quand il est situé en e_1 que le groupe Ha_3Ha_5 lorsque l'hydroxyle est en a_1, la distance étant un peu plus grande dans le premier cas (2,74 Å contre 2,55).

4° A la position du groupe méthyle en e_4 correspond le rapport

$$k_{trans}e_1e_4/k_{cis}a_1e_4 = 8{,}25/3{,}30 = 2{,}49$$

contre 2,1 dans le cas du groupe isopropyle ([6]). Ces deux nombres très voisins ([7]) montrent que la nature du groupe alcoyle situé en 4 influe peu sur le rapport k_{trans}/k_{cis} et semble donner une mesure approchée de l'influence relative des paires d'atomes Ha_2Ha_6 et Ha_3Ha_5 respectivement sur un OH équatorial ou axial situé en 1 quand les groupes alcoyle sont de l'autre côté des plans $HaHa$ par rapport à l'OH.

Évidemment les nombres 2,49 et 2,1 ne correspondent pas à des expériences émanant des mêmes auteurs, mais les faits prouvent que des mesures effectuées par des chercheurs différents dans des conditions nécessairement variées, conduisent à des rapports k_{trans}/k_{cis} assez voisins. Dans le cas des α-méthylcyclohexanols on trouve en effet les nombres suivants : 1,51 ([6]); 1,76 ([8]); 1,59 ([8]) quand nous aboutissons au nombre 1,76.

En attendant d'autres déterminations cinétiques en cours de réalisation portant en particulier sur des alcools plus substitués en 3 (ou en 3 et 5) nous donnerons sans aucun commentaire, les résultats concernant la saponification des phtalates acides des gem-diméthylcyclohexanols (en opérant évidemment dans les conditions précédentes)

$$\alpha.\alpha: \quad k = 0{,}75; \qquad \beta.\beta: \quad k = 6{,}2; \qquad \gamma.\gamma: \quad k = 6{,}6.$$

([6]) Vavon, *Bull. Soc. Chim.*, **49**, 1931 (4), p. 1002.

([7]) De plus, pour les γ-méthylcyclohexanols, Jackman, Macbeth et Mills (*Chem. Soc.*, 1949, p. 1717) donnent le rapport de vitesses 2,5/1 *trans/cis* vis-à-vis du chlorure d'orthonitrobenzoyle.

([8]) W. Hückel, *Ber.*, A, **67**, 1934, p. 135 et *L. A.*, **533**, 1938, p. 128.

M. **André Danjon** rend compte de la IXe **Assemblée Générale de l'Union Astronomique Internationale** qui s'est tenue à Dublin du 29 août au 5 septembre, sous les auspices du *Dublin Institute for Advanced Studies*. Le Gouvernement de l'Irlande et les autorités universitaires ont réservé aux congressistes l'accueil le plus sympathique; ils ont su créer une atmosphère de cordialité qui n'a pas peu contribué au succès de l'Assemblée, laquelle réunissait plus de 600 délégués appartenant à 39 nations.

La plupart des résolutions, au nombre de 63, adoptées par l'Assemblée, se rapportent à l'organisation internationale de la recherche dans les diverses branches de l'astronomie. D'intéressants colloques ont été organisés notamment sur les sujets suivants : les Étoiles fondamentales, les Convertisseurs d'images, les Éruptions chromosphériques, la Turbulence dans les atmosphères stellaires. En outre, deux symposiums ont été consacrés, l'un aux Étoiles instables, l'autre à la comparaison des structures de la Galaxie et des nébuleuses extragalactiques. Du 25 au 27 août, un premier symposium avait réuni à Jodrell Bank (Angleterre) un grand nombre de radioastronomes.

L'Assemblée Générale a approuvé, dans sa dernière séance, la définition de l'unité de temps qui lui était soumise pour avis par le Comité International des Poids et Mesures : la seconde est la fraction 1/31 556 925,975 de l'année tropique pour 1900,0. Le Comité International, qui a reçu à cet effet des pouvoirs spéciaux de la Conférence Générale des Poids et Mesures, pourra donc statuer définitivement lors de sa prochaine session, en 1956.

La Xe Assemblée Générale se tiendra en 1958 à Moscou.

M. **Marcel Delépine** remet à l'Académie, de la part de M. Denis I. Duveen, Membre de l'Institut royal de Chimie de Grande-Bretagne et de l'Irlande (Nord), un magnifique volume de près de 500 pages in-4°, sur papier de luxe, avec 42 illustrations (photocopies), intitulé : *A bibliography of the works of* Antoine Laurent Lavoisier (1743-1794). Cet ouvrage a été rédigé par M. Denis I. Duveen (de New York) et Herbert S. Klickstein, de l'Université de Pensylvanie; il est précédé d'une préface de M. John F. Fulton, professeur d'Histoire de la Médecine à l'Université de Yale. Il comprend 705 références presque toutes accompagnées d'un commentaire en anglais. Les Membres de l'Académie, — l'Académie elle-même, — doivent être reconnaissants envers les auteurs d'avoir entrepris cette œuvre considérable qui perpétuera la mémoire de leur génial compatriote.

DÉSIGNATIONS.

M. **Léon Moret**, est désigné pour représenter l'Académie à la Cérémonie qui aura lieu à Dolomieu, le 25 septembre 1955, à l'occasion du bicentenaire de la

naissance de Déodat Gratet de Dolomieu et de l'apposition, à la Mairie de cette localité, d'une plaque à la mémoire de Élie Cartan.

CORRESPONDANCE.

L'Académie est informée du IIIe Congrès international des Communications, qui se tiendra à Gênes, Italie, du 8 au 12 octobre 1955;

— de la réunion à Londres, le 9 novembre 1955, d'un « Symposium on the Mechanism of phase transformations in metals ».

M. le Secrétaire perpétuel signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Les maîtres de la pensée scientifique. Collection de mémoires et d'ouvrages publiés par les soins de Maurice Solovine. *Les axiomes de la Mécanique. Examen critique. Note sur la propagation de la lumière*, par Paul Painlevé. (Nouveau tirage.)

2° Id. *Sur l'électrodynamique des corps en mouvement*, par Albert Einstein. Traduit par M. Solovine, avec un portrait de l'auteur. (Nouveau tirage.)

3° *Quatre conférences sur la Théorie de la Relativité, faites à l'Université de Princeton* par Albert Einstein. Traduites de l'allemand par Maurice Solovine. (Nouveau tirage.)

4° René Damien. *Théorème sur les surfaces d'onde en optique géométrique*, avec une *note sur le miroir intégral*.

5° *Problèmes élémentaires de physique atomique et de chimie nucléaire, avec tableaux et solutions*, par Victorin Charles. Préface de Charles-Noël Martin.

6° Collection de logique mathématique. Série A. Monographies réunies par Mme P. Février. IX. *Les fondements des mathématiques. Intuitionnisme. Théorie de la démonstration*, par A. Heyting.

7° Louis Rougier. *Traité de la connaissance*.

8° *Éphémérides nautiques pour l'an* 1956. Ouvrage publié par le Bureau des Longitudes spécialement à l'usage des marins.

9° Académie des sciences de l'Ukraine. *Prikladna mekhanika*, t. I, n°s 1, 2.

Il signale également deux ouvrages polycopiés :

1° École Normale supérieure. Séminaire Henri Cartan, 1re année 1948-1949, *Topologie algébrique*, 2e édition.

2° Faculté des sciences de Paris. Séminaire P. Dubreil. *Algèbre et théorie des nombres*, 8e année 1954-1955.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une classe de polynomes orthogonaux généralisant ceux de Laguerre et de Hermite.* Note (*) de M. **Kurt Endl**, présentée par M. Joseph Pérès.

Au cours d'un travail sur les polynomes orthogonaux, l'auteur s'est posé le problème suivant : *Existe-t-il un procédé d'orthogonalisation qui fournisse des polynomes orthogonaux* $P_n(z)$ *de la forme suivante :*

(1) $$P_n(z) = p_n^{(n)} z^n + p_{n-k}^{(n)} z^{n-k} + p_{n-2k}^{(n)} z^{n-2k} + \ldots,$$

où k est un entier positif quelconque ? Pour $k=1$ et $k=2$, on connaît bien des procédés qui répondent à la question; tous les polynomes orthogonaux classiques sont de la forme (1) avec $k=1$ ou $k=2$. On donne ici une réponse générale et positive à la question posée; en fournissant, pour chaque k(entier >0) une méthode d'orthogonalisation qui détermine les polynomes de la forme demandée.

Soit k(entier >0). Nous prenons pour base le plan complexe et considérons le rayon $\mathcal{L}_\lambda$ lieu des points $z = r e^{2\pi i(\lambda/k)}(0 \leq r \leq R$, et λ entier).

Nous obtenons ainsi pour $\lambda = 0, 1, 2, \ldots, k-1$, une étoile régulière de k rayons aboutissant en O et que nous appellerons « l'étoile d'intégration à k rayons » soit $\mathcal{E} = \bigcup_{\lambda=0}^{k-1} \mathcal{L}_\lambda$.

Nous prendrons comme définition du produit scalaire

(2) $$(P(z), Q(z)) = \int_{\mathcal{E}} P(z)\overline{Q}(z)\omega(z)\,dr = \sum_{\lambda=0}^{k-1}\int_0^R P.\overline{Q}.\omega\,dr,$$

où $\omega(z)$ est une fonction de poids.

Nous supposons ce poids tel qu'il n'y ait jamais divergence des intégrales [$P(z)$ et $Q(z)$ étant des polynomes en z]. En orthogonalisant les puissances $z^n (n=0, 1, 2, \ldots)$ à l'aide du produit scalaire précédent, nous obtenons ainsi un système de polynomes orthogonaux :

$$P_n(z) = p_n^{(n)} z^{(n)} + p_{n-1}^{(n)} z^{n-1} + \ldots + p_0^{(n)} z^0,$$

pour lequel nous pouvons énoncer la proposition suivante :

Sous la condition que $\omega(z)$ *soit invariant par rapport aux rotations de la forme* $Z = z e^{2\pi i/k}$, *c'est-à-dire que* $\omega(z) = \omega(z e^{2\pi i/k})$, *tous les polynomes* $P_n(z)$ *sont de la forme* (1), *c'est-à-dire que* $p_r^{(n)} = 0$ *pour* $r \not\equiv n$ mod. k. *Si de plus* $\omega(z)$ *ne prend que des valeurs réelles sur un des rayons* L_λ, $P_n(z)$ *est un polynome réel* $(n = 0, 1, 2, \ldots)$.

(*) Séance du 5 septembre 1955.

Si l'on prend $R=\infty$ et $\omega(z)=e^{-z^k}$, le calcul effectif des coefficients des polynomes ainsi obtenus $P_{k,n}$ montre qu'ils forment une famille comprenant ceux de Laguerre (obtenus pour $k=1$) et de Hermite ($k=2$).

Ce calcul s'effectue en faisant intervenir le reste n_k de la division de n par k (on pose $n=n_k+n'_k k$, $0 \leqq n'_k < k$). On trouve ainsi :

$$P_{k,n}(z)=\sum_{r=0}^{n'_k}\binom{n'_k}{r}\binom{\frac{2n_k+1}{k}+n'_k-1}{n'_k-r}(n'_k-r)(-1)^r z^{n_k+rk}$$

avec la norme

$$k(n'_k!)^2\binom{\frac{2n_k+1}{k}+n'_k-1}{n'_k}\int_0^\infty r^{2n_k}e^{-r^k}\,dr$$

Cette classe généralise effectivement les polynomes de Laguerre et de Hermite, en ce sens que tous ces systèmes de polynomes possèdent les propriétés suivantes :

1° Ils sont en involution ([1]);

2° Ils sont représentables par une fonction hypergéométrique avec la notation de Barnes; on a en effet

$$P_{k,n}(z)=z^{n_k}\frac{\Gamma\left(\frac{2n_k+1}{k}+n'_k\right)}{\Gamma\left(\frac{2n_k+1}{k}\right)}\,{}_1F_1\left(-n'_k,\frac{2n_k+1}{k},z^k\right).$$

J'ai démontré de plus relativement au comportement de ces polynomes quand k tend vers l'infini les résultats suivants :

1° $\lim\limits_{k\to\infty} P_{k,n}(z)=z^n$;

2° Le produit scalaire considéré devient alors l'intégrale ordinaire de ligne prise sur le cercle unité

$$\lim_{k\to\infty}(P(z),\,Q(z))_k=\frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi}P(e^{i\varphi})\overline{Q(e^{i\varphi})}\,d\varphi.$$

ÉQUATIONS DIFFÉRENTIELLES. — *Sur l'équation différentielle d'Emden généralisée.* Note de M. **Dragoslav S. Mitrinovitch**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

Transformation et intégration par quadratures de cette équation, que l'on rencontre dans divers problèmes d'Astronomie et de Physique.

1. Considérons l'équation différentielle

$$f(x)y''+g(x)y'+ay^n=0, \tag{1}$$

([1]) *Voir* la définition de l'involution dans ma précédente Note (*Comptes rendus*, **241**, 1955, p. 682.

avec a, n constantes; $f(x)$, $g(x)$ fonctions de x, supposées dérivables; $y^{(k)}=d^k y/dx^k$.

Cette équation contient comme cas particuliers les équations

$$(2)\quad xy''+ay'+bx^m y^n=0,\qquad y''+ay'+bx^m y^n=0\qquad (a,\ b,\ m,\ n \text{ constantes}),$$

dites d'Emden, lesquelles interviennent dans des problèmes importants d'Astronomie et de Physique. Pour $a=2$ les équations (2) ont été minutieusement étudiées, dans diverses directions, par de nombreux mathématiciens (citons, par exemple, F. Emden, R. H. Fowler, E. Hopf, G. Sansone, D. R. Hartree, etc.). Les résultats essentiels de ces recherches, suivis d'indications bibliographiques sont succinctement résumés dans le Traité de Kamke ([1]).

2. L'équation (1), par le changement $y=h(x)u(x)$, où $h(x)$ est une fonction à déterminer, supposée dérivable, et $u(x)$ une nouvelle fonction inconnue, se transforme en

$$(3)\qquad fh^{1-n}u''+h^{-n}(2fh'+gh)\,u'+\mathrm{A}u+au^n=0,$$

en posant

$$(4)\qquad h^{-n}(fh''+gh')=\mathrm{A}.$$

Nous introduisons la condition : A *constant*.

L'équation (3) admet comme facteur intégrant $2u'$, si la condition suivante

$$(5)\qquad (fh^{1-n})'=2h^{-n}(2fh'+gh)$$

est remplie (les accents marquent toujours dans cette Note des dérivées en x).

Ceci étant admis, l'équation (3) a comme intégrale première

$$fh^{1-n}u'^2+\mathrm{A}u^2+\frac{2a}{n+1}u^{n+1}=\mathrm{C}\qquad (\mathrm{C}=\text{const. d'intégration};\ n\neq -1),$$

où les variables se séparent.

En partant des relations différentielles (4) et (5), on trouve

$$(6)\qquad f(x)=\frac{h^{n+1}}{(h')^2}(\mathrm{B}h^2-\mathrm{A}),\qquad g(x)=\frac{\mathrm{A}h^n}{h'}-\frac{h^{n+1}h''}{(h')^3}(\mathrm{B}h^2-\mathrm{A}),$$

avec B constante.

Dans le cas où $\mathrm{A}=0$ et si l'on particularise convenablement, par surcroît, d'autres constantes, les relations différentielles (6) fournissent

$$h(x)=\left(\int\frac{dx}{\sqrt{f(x)}}\right)^{-\frac{2}{n+1}},\qquad g(x)=\frac{n+3}{n+1}\,\frac{\sqrt{f(x)}}{\displaystyle\int\frac{dx}{\sqrt{f(x)}}}+\frac{1}{2}f'(x).$$

([1]) *Differentialgleichungen : Lösungsmethoden und Lösungen*, I, 1942, Leipzig, p. 559-561.

Par suite, l'équation (1), *les* $f(x)$ *et* $g(x)$ *étant définis par* (6), $h(x)$ *étant arbitraire, s'intègre par les méthodes élémentaires.*

3. Par le changement

$$\frac{dt}{dx}=\mathrm{H}(x), \qquad \text{avec} \quad \mathrm{H}(x)=\exp\left(-\int\frac{g(x)}{f(x)}\,dx\right),$$

l'équation (1) prend la forme

$$\frac{d^2y}{dt^2}+\mathrm{F}(t)\,y^n=0,$$

la fonction $\mathrm{F}(t)$ étant déterminée par

$$\mathrm{F}(t)=\frac{a}{f(x)\,\mathrm{H}^2(x)}, \qquad \frac{dt}{dx}=\mathrm{H}(x).$$

Si l'on applique le changement indiqué à l'équation (1), avec les fonctions $f(x)$ et $g(x)$ ayant les formes (6), on obtient comme équation réduite :

$$(\mathrm{M}t^2+\mathrm{N}t+\mathrm{P})^{\frac{n+3}{2}}\frac{d^2y}{dt^2}+y^n=0, \qquad (\mathrm{M},\ \mathrm{N},\ \mathrm{P}=\text{const.}).$$

4. Nous pensons développer ailleurs cette Note et notamment montrer que le procédé d'intégration, ici employé, s'applique aussi à des équations plus générales, comme, par exemple, à

$$(7) \qquad f(x)\,y''+g(x)\,y'+h(x)\,y+ay^n=0.$$

Il serait intéressant de développer aussi la théorie des invariants, en sens de Laguerre-Halphen, relative aux l'équations (1) et (7).

GÉOMÉTRIE DIFFÉRENTIELLE. — *Transformations infinitésimales conformes de certaines variétés riemanniennes compactes.* Note de M. **André Lichnerowicz**, transmise par M. Joseph Pérès.

Condition nécessaire et suffisante du deuxième ordre pour qu'une 1-forme définisse une transformation infinitésimale (t. i.) conforme sur une variété compacte, orientable. Cas des espaces d'Einstein : relations avec les 1-formes propres de Δ correspondant aux plus petites valeurs propres. Si la variété est kählerienne, toute t. i. conforme est un automorphisme infinitésimal de la structure.

1. Soit V_m une variété riemannienne de classe C^∞ [1], de métrique définie positive

$$(1) \qquad ds^2=g_{ij}\,dx^i\,dx^j \qquad (i,j=1,2,\ldots,m)$$

et G un groupe de Lie connexe de transformations conformes de V_m. Tout élément Z de l'algèbre de G détermine sur ce groupe un champ de vecteurs

[1] Différentiel est partout entendu ici au sens C^∞.

invariant à droite, projetable sur V_m et dont la projection X détermine une t. i. de V_m correspondant à l'action sur cette variété du sous-groupe à un paramètre défini par Z. Par action sur le tenseur métrique g, on voit que

$$\theta(X)g = ag \quad (a, \text{ scalaire}). \tag{2}$$

Inversement tout champ X satisfaisant à (2) ne détermine pas un groupe à un paramètre d'homéomorphismes de V_m. Nous dirons qu'un tel champ définit *une t. i. conforme* de V_m. Ces transformations définissent une *algèbre de Lie* L pour le crochet usuel.

Supposons désormais V_m *compacte et orientable*. Nous désignons par $\langle\,\rangle$ le produit scalaire global de deux tenseurs symétriques ou antisymétriques de même ordre, par d et δ les opérateurs de différentiation et codifférentiation extérieure sur les p-formes différentielles, par Δ le laplacien de G. de Rham, par K l'opérateur sur les 1-formes α défini par

$$K: \quad \alpha_i \rightarrow 2R_{ij}\alpha^j,$$

où R_{ij} est le tenseur de Ricci de (1).

2. Si α est une 1-forme, $\theta(\alpha)$ est la t. i. correspondant au vecteur identifié à α par la dualité définie par la métrique. Nous désignons par $t(\alpha)$ le tenseur symétrique d'ordre 2,

$$t(\alpha) = \theta(\alpha)g + 2\frac{\delta\alpha}{m}g.$$

Avec l'identification précédente, l'algèbre L des t. i. conformes de V_m peut être définie au moyen du crochet précédent noté $[\xi, \bar{\xi}]$ sur *l'espace des 1-formes ξ satisfaisant à $t(\xi) = 0$.*

On établit aisément par un calcul local que pour toute 1-forme α

$$\nabla_i t(\alpha)^i{}_j = -\left[\Delta\alpha + \left(1 - \frac{2}{m}\right)d\delta\alpha - K\alpha\right]_j \tag{4}$$

où ∇_i est l'opérateur de dérivation covariante. On peut en déduire le

LEMME. — *Pour toute 1-forme α.*

$$\langle t(\alpha), t(\alpha)\rangle = \left\langle \alpha, \Delta\alpha + \left(1 - \frac{2}{m}\right)d\delta\alpha - K\alpha \right\rangle. \tag{5}$$

De (4) et du lemme précédent, il résulte

THÉORÈME. — *Pour qu'une 1-forme ξ définisse sur une variété riemannienne compacte et orientable une t. i. conforme, il faut et il suffit qu'elle satisfasse à*

$$\Delta\xi + \left(1 - \frac{2}{m}\right)d\delta\xi = K\xi. \tag{6}$$

Pour qu'elle définisse une isométrie infinitésimale, il faut et il suffit que

$$\Delta\xi = K\xi \quad \text{et} \quad \delta\xi = 0.$$

3. Supposons désormais que la variété V_m est *espace d'Einstein*,

$$R_{ij}=\frac{\lambda_0}{2}g_{ij}\qquad\left(\lambda_0=\text{const.}>0\,;\ \lambda_1=\frac{\lambda_0}{2}\frac{m}{m-1}\right).$$

Le premier nombre de Betti de V_m est nul. Par suite toute 1-forme ξ peut s'écrire

$$\xi=\eta+\zeta,$$

où η est cohomologue à zéro et ζ homologue à zéro. Si ξ définit une t. i. conforme, on déduit de (6)

$$(7)\qquad \Delta\eta=\lambda_0\eta\quad(\delta\eta=0);\qquad \Delta\zeta=\lambda_1\zeta\quad(d\zeta=0).$$

D'après (7), η définit une isométrie infinitésimale, tandis que ζ est différentielle d'une solution de

$$(8)\qquad \Delta\varphi=\lambda_1\varphi,$$

où φ désigne une fonction. Désignons par L_1 la sous-algèbre de L définie par les isométries infinitésimales, par L_2 l'espace des différentielles des solutions de (8); δd et $d\delta$ sont des projecteurs de L sur L_1 et L_2. Si ζ et $\overline{\zeta}\in L_2$, on a

$$(9)\qquad [\zeta,\overline{\zeta}]=\frac{\lambda_1}{m}(\overline{\varphi}\,d\varphi-\varphi\,d\overline{\varphi})$$

et $[\zeta,\overline{\zeta}]=0$ entraîne $\overline{\zeta}=k\zeta$. On vérifie enfin aisément que $[L_1, L_2]\subset L_2$; $[L_2, L_2]\subset L_1$. Nous énoncerons.

Théorème. — *Dans un espace d'Einstein compact, orientable, les valeurs propres de l'opérateur Δ sur les 1-formes cofermées ou fermées sont supérieures ou égales respectivement aux nombres λ_0 et λ_1. Les 1-formes propres cofermées correspondant à λ_0, engendrent la sous-algèbre L_1 des isométries infinitésimales. Les 1-formes propres fermées correspondant à λ_1 engendrent un espace vectoriel L_2 de t. i. conformes. L'algèbre L des t. i. conformes est la somme directe*

$$L=L_1+L_2,$$

avec

$$(10)\qquad [L_1, L_2]\subset L_2,\qquad [L_2, L_2]\subset L_1.$$

D'après (9) et (10), on a $\dim L_1\geq(1/2)(\dim L-1)$. On reconnaît dans (10) les relations relatives aux algèbres de Lie associées à un espace *symétrique*. Pour $\dim L_1\geq m$, V_m est espace homogène riemannien ([2]), L_1 compacte : pour $L_2\neq 0$, il en résulte ou bien L semi-simple, ou bien $\dim L_2=1$.

4. Supposons enfin que notre espace d'Einstein soit un espace pseudo-kählerien E_{2n}. J'ai établi ailleurs ([3]) que les isométries infinitésimales (qui sont

([2]) Ehresmann, *Ens. Math.*, 5, 1936, p. 317-333; Kobayaski, *Proc. Jap. Acad.*, 30, 1954, p. 709.

([3]) *Comptes rendus*, 239, 1954, p. 1344.

aussi les automorphismes infinitésimaux de la structure) se déduisent des solutions de $\Delta\varphi = \lambda_0 \varphi$ par $\xi = \mathcal{J} d\varphi$ ($\mathcal{J}$, opérateur presque complexe) et que λ_0 est la plus petite valeur propre de Δ pour les fonctions. Par suite, pour $\lambda_1 < \lambda_0$, (8) ne peut avoir de solution non nulle.

THÉORÈME. — *Sur une variété pseudokählerienne espace d'Einstein,* $E_{2n}(n > 1)$, *toute t. i. conforme est un automorphisme infinitésimal. Le plus grand groupe connexe de transformations conformes de* E_{2n} *se compose d'automorphismes.*

MÉCANIQUE. — *Sur une théorie de la visco-élasticité de la matière.* Note (*) de M. ANDRÉ SENTIS, présentée par M. Henri Villat.

Dans un corps réel, le vecteur-déplacement $\overline{D}$ est généralement fonction du temps. Le but de la présente Note est d'indiquer comment la considération du vecteur $\overline{D} + \tau(\partial\overline{D}/\partial t)$ permet de rendre compte des phénomènes d'élasticité différée, fluage, frottement interne, etc.

A tout point M d'un milieu homogène, isotrope, de masse spécifique ρ, continu et déformable, nous associons, dans l'espace tangent au point $M(x, y, z)$ un vecteur $\overline{D}$ dont les coordonnées u, v, w sont fonctions de x, y, z et du temps t.

Opérateur $\urcorner$. — On note $\urcorner$ l'opérateur qui, au vecteur $\overline{D}$, fait correspondre

$$\overline{\overline{D}|} = \overline{D} + \tau \frac{\partial \overline{D}}{\partial t};$$

τ est un coefficient.

Le domaine d'application de $\urcorner$ est l'espace tangent en M et les tenseurs construits sur cet espace tangent. Ainsi, $\urcorner$ opère sur le tenseur de déformation e et engendre le tenseur $\overline{e|}$ dont les composantes, par rapport à un repère rectangulaire fixe, sont :

$$\overline{e_{xx}|} = 2\frac{\partial u}{\partial x} + 2\tau\frac{\partial^2 u}{\partial x\,\partial t}, \qquad \overline{e_{xy}|} = \frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} + \tau\left(\frac{\partial^2 u}{\partial y\,\partial t} + \frac{\partial^2 v}{\partial x\,\partial t}\right).$$

De même, la dilatation cubique est :

$$\overline{\theta|} = \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} + \tau\left(\frac{\partial^2 u}{\partial x\,\partial t} + \frac{\partial^2 v}{\partial y\,\partial t} + \frac{\partial^2 w}{\partial z\,\partial t}\right).$$

Relations entre contraintes et déformations. — Le tenseur T des contraintes est donné par :

$$T = \lambda\overline{\theta|}\,E + \mu\overline{e|}$$

en écriture matricielle, où E est la matrice-unité, λ et μ les coefficients de Lamé.

Pour $\tau = 0$, ou pour $\partial\overline{D}/\partial t = 0$, on retrouve les relations classiques.

(*) Séance du 5 septembre 1955.

Généralisation des équations de Navier-Stokes. — Sous forme vectorielle, on obtient

$$\rho\frac{\partial^2\overline{D}}{\partial t^2}=\rho\overline{F}+(\lambda+\mu)\,\mathrm{grad}\,\mathrm{div}\,\overline{\overline{D}}\rceil+\mu\Delta\overline{\overline{D}}|$$

F est la force massique, Δ désigne le laplacien.

Dans ces équations, le rôle du coefficient de viscosité dynamique est joué par $\mu\tau$. Elles fournissent un système d'équations aux dérivées partielles du troisième ordre pour déterminer u, v, w.

MÉCANIQUE. — *Note sur les contraintes latentes des pièces prismatiques traitées thermiquement.* Note (*) de M. **Albert Kammerer**, présentée par M. Henri Beghin.

Après avoir précisé le mécanisme de leur formation, nous étudions les contraintes latentes produites par le traitement thermique des pièces prismatiques, dont la matière subit, à une certaine température, une transformation allotropique avec variation de densité; sur la surface libre, les deux contraintes principales non nulles sont égales; les fortes courbures de la surface accroissent les contraintes.

1. Lorsque l'on soumet une matière à un cycle thermique quelconque ramenant tous les éléments de volume à la température initiale, les variations étant assez lentes pour qu'à chaque instant, la température soit la même en tous les points, on n'observera aucune contrainte d'origine thermique, ni aucune contrainte résiduelle.

La pièce. chauffée lentement à partir de la température initiale T_0 jusqu'à une température T_1 inférieure au premier point de transformation T_t, est plongée brusquement dans une enceinte à T_0 ; il s'établit une répartition de la température T fonction des coordonnées x^i et du temps t; il s'ensuit un système de contraintes d'origine thermique c^{ij}, fonction des x^i et de t. Si, pendant un certain temps, la limite élastique est dépassée dans quelques régions, les déformations permanentes qui tendront à se produire, provoqueront, après refroidissement, des contraintes résiduelles (ou contraintes latentes ou précontraintes) qui, par suite du mécanisme de leur formation, peuvent être considérées comme dues à une répartition fictive de température $\tau(x^i)$.

En particulier, pour les matières plastiques ainsi traitées, on observe, pendant le refroidissement, des tractions en surface et des compressions au centre; après refroidissement, les contraintes latentes ont même répartition mais sont de sens opposés (ces résultats sont visibles par photoélasticimétrie).

2. Si, à T_t, comprise entre T_0 et T_1, on observe une augmentation brutale de la densité pour les températures croissantes, les phénomènes observés seront qualitativement les mêmes. Lorsque cette diminution de volume est

(*) Séance du 29 août 1955.

supérieure, en valeur absolue, à l'augmentation due à la dilatation thermique de T_0 à T_1, après refroidissement rapide de T_1 à T_0, on observera, en surface, des tractions au lieu des compressions signalées en 1. On peut ainsi expliquer les ruptures de pièces trempées. Nous appellerons $\tau(x^i)$ la répartition *fictive* de température correspondant à ces contraintes latentes.

3. L'étude concerne uniquement des pièces prismatiques de section Ω, limitée par une courbe fermée quelconque (Γ), les génératrices étant parallèles à Ox^3; $\tau(x^i)$ ne dépend que de x^1 et de x^2, ce qui revient à négliger l'influence des extrémités du prisme long.

En introduisant une fonction de contraintes $\Psi(x^1, x^2)$ on peut montrer que les contraintes résiduelles c^{ij} sont

$$(1)\qquad \begin{cases} c^{11}=\dfrac{\partial^2\Psi}{(\partial x^2)^2}, \qquad c^{22}=\dfrac{\partial^2\Psi}{(\partial x^1)^2}, \qquad c^{12}=-\dfrac{\partial^2\Psi}{\partial x^1\,\partial x^2}, \\ c^{33}=\nu\,\Delta\Psi-\alpha\mathrm{E}\tau+\mathrm{E}\,e^3; \end{cases}$$

α est le coefficient de dilatation thermique, E le module d'élasticité, ν le coefficient de Poisson, et Ψ une intégrale de l'équation :

$$(2)\qquad \Delta[(1-\nu)\,\Delta\Psi+\alpha\mathrm{E}\tau]=0$$

telle que $(\partial\Psi/\partial x^1)_\Gamma$ et $(\partial\Psi/\partial x^2)_\Gamma$ sont nuls sur (Γ); il en est, par suite, de même pour Ψ_Γ; e^3 est l'allongement unitaire constant suivant Ox^3.

La pièce prismatique étant libre, sur une section droite on a

$$\iint_\Omega c^3\,dx^1\,dx^2=\iint_\Omega c^3x^1\,dx^1\,dx^2=\iint_\Omega c^3x^2\,dx^1\,dx^2=0,$$

ces relations étant vérifiées lorsqu'on y remplace c^3 par $\Delta\Psi$, en prenant pour origine des températures la température moyenne du prisme, e^3 est nul et l'on a :

$$\iint_\Omega x^1\tau\,dx^1\,dx^2=\iint_\Omega x^2\tau\,dx^1\,dx^2=0.$$

L'étude des fonctions Ψ, $\partial\Psi/\partial x^1$, $\partial\psi/\partial x^2$, $\Delta\Psi$ au voisinage d'un point de (Γ) montre que $\Delta\Psi$ est constant le long de Γ; si, au cours du traitement thermique la température est uniforme sur la surface extérieure du solide [1], τ_Γ, le sera également sur (Γ) et :

$$(2\ bis)\qquad (1-\nu)\,\Delta\Psi+\alpha\mathrm{E}\tau=0.$$

4.*a*. Les contraintes principales c^i sont telles que :

$$c^3=\Delta\Psi=c^{11}+c^{22}=c^1+c^2.$$

---

[1] Cette condition paraît d'autant mieux réalisée que la température du bain de trempe est maintenue plus uniforme par l'agitation.

Sur la surface latérale, c^2 étant nulle, les deux autres contraintes principales sont égales;

b. c^1 et, par suite c^3, y sont constants; on a

$$c^1_\Gamma = c^3_\Gamma = -\frac{\alpha E \tau_\Gamma}{1-\nu}, \qquad c^2_\Gamma = 0,$$

les dérivés suivant la normale à (Γ) étant

$$\frac{\partial c^1}{\partial n} = -\frac{\alpha E}{1-\nu}\left(\frac{\tau_\Gamma}{r} + \frac{\partial \tau}{\partial n}\right), \qquad \frac{\partial c^2}{\partial n} = \frac{\alpha E}{1-\nu}\frac{\tau_\Gamma}{r}, \qquad \frac{\partial c^3}{\partial n} = -\frac{\alpha E}{1-\nu}\frac{\partial \tau}{\partial n}.$$

S'il existe des tractions en surface ($c^1_\Gamma > 0$), τ_Γ est négatif, $\partial\tau/\partial n$ est positif ainsi que le rayon de courbure de (Γ) r. τ_Γ/r étant négatif, si r est très petit (angle rentrant ou sortant), c^1 peut croître lorsque l'on s'éloigne de la surface vers l'intérieur : ce résultat est en accord avec l'expérience qui montre le danger des parties de forte courbure.

5. Nous rappelons, comme application de 4.*a*, une remarque [2] sur l'analogie entre la modification apportée à la courbe de traction simple d'un acier doux normalisé, d'une part, par la trempe, d'autre part, par une compression simple, produisant une déformation permanente dont deux dilatations principales sont égales et dirigées orthogonalement à l'éprouvette de traction prélevée ultérieurement.

MÉCANIQUE DES FLUIDES VISQUEUX. — *Décollement laminaire régulier.*

Note de M. **Robert Legendre**, présentée par M. Maurice Roy.

En écoulement plan, la pente sur la paroi d'un obstacle, d'une surface de courant décollée est triple de celle du gradient de pression. En écoulement tridimensionnel cette pente est ou très petite ou à peu près triple de celle du plan contenant le gradient de pression et tangent à la ligne de décollement. Il est impossible d'analyser finement un décollement en négligeant la pente du gradient de pression.

1° La condition d'adhérence d'un fluide visqueux à la paroi d'un obstacle est exprimée par $\overline{V} = Z\overline{F}$ où $\overline{V}$ est la vitesse, Z la distance à la paroi, ou plutôt, pour simplifier l'écriture de certaines des équations ultérieures, une fonction régulière convenable de la distance à la paroi, nulle avec elle, $\overline{F}$ un vecteur fini pour $Z = 0$ et supposé en outre dérivable jusqu'au second ordre par rapport aux coordonnées, même au voisinage d'un décollement, dit régulier. La variation de courbure de la surface est supposée continue, au moins dans le domaine étudié.

2° La méthode d'analyse locale ci-après est applicable à l'étude de l'écoulement d'un fluide compressible avec quasi-ondes de choc, spécialement lorsque

---

[2] *Actualités scientifiques*, n° 1161, p. 124, Hermann, Paris.

la paroi est isotherme pour que la masse spécifique ne dépende que de la pression dans son voisinage. L'exposé qui suit est limité au cas du fluide incompressible.

3° La fonction Z choisie est le potentiel électrique qui serait induit par l'obstacle, supposé conducteur et à potentiel nul, placé près du centre d'une grande sphère à potentiel constant. Deux familles de surfaces X et Y, tangentes au champ correspondant à ce potentiel et orthogonales entre elles sur l'obstacle, au moins le long de la ligne de décollement, définissent avec Z un changement de coordonnées. Pour le fluide incompressible, la condition de conservation est

$$\operatorname{div}\overline{V} = \operatorname{div}[Z\overline{F}(X, Y, Z)] = \overline{D}Z.\overline{F} + Z(\overline{D}X.\overline{F}_X + \overline{D}Y.\overline{F}_Y + \overline{D}Z.\overline{F}_Z) = 0.$$

4° Si la ligne de décollement est choisie pour $X = 0$, l'équation de la surface de courant décollée est

$$Z = Xg(X, Y).$$

La vitesse est tangente à cette surface :

$$\overline{D}Z.\overline{F} = (g + Xg_X)\overline{D}X.\overline{F} + Xg_Y\overline{D}Y.\overline{F} \qquad \text{pour} \quad Z = X = 0,$$

la condition de conservation et cette équation entraînent

$$0 = \overline{D}Z.\overline{F} = g.\overline{D}X.\overline{F}.$$

Si la pente g n'est pas nulle, $\overline{F}$ est nul ou dirigé suivant la ligne de décollement.

5° Compte tenu du choix des nouvelles coordonnées qui satisfont à

$$\Delta Z = 0, \qquad \overline{D}Z.\overline{D}X = 0, \qquad \overline{D}Z.\overline{D}Y = 0,$$

les équations de Navier se réduisent sur l'obstacle à

$$\overline{D}p = \mu\Delta\overline{V} = 2\mu\Delta_1 Z\overline{F}_Z,$$

où p est la pression et μ la viscosité absolue.

Le gradient de pression est colinéaire à $\overline{F}_Z$.

6° La dérivation des équations des paragraphes 3° et 4° introduit $\overline{F}_Z$, mais aussi les tenseurs $\overline{\overline{D}}X$, $\overline{\overline{D}}Z$. Il suffira ici d'indiquer qu'en un point de partage sur la ligne de décollement, caractérisé par $\overline{F} = 0$, ces tenseurs s'éliminent et la dérivation fournit

$$\overline{D}Z.\overline{F}_X = \overline{D}Z.\overline{F}_Y = \overline{D}X.\overline{F}_X + \overline{D}Y.\overline{F}_Y + 2\overline{D}Z.\overline{F}_Z = g\overline{D}X.\overline{F}_Y = 0; \qquad g = \frac{3\overline{D}Z.\overline{F}_Z + \overline{D}Y.\overline{F}_Y}{\overline{D}X.F_Z}.$$

Si l'écoulement est plan, $F_Y = 0$, et la pente g est triple de celle de $\overline{F}_Z$, c'est-à-dire de celle de $\overline{D}p$.

Si l'écoulement est tridimensionnel, $\overline{F}_Y$ n'est pas nul et, comme il est colinéaire à $\overline{D}Y$, le produit $\overline{D}Y.\overline{F}_Y$ n'est pas nul. Cependant, les résultats classi-

ques d'étude de la couche limite montrent que $\overline{\mathrm{D}}\mathrm{X}.\overline{\mathrm{D}}\mathrm{p}$ n'est pas nul au décollement, donc $\overline{\mathrm{D}}\mathrm{X}.\overline{\mathrm{F}}_{\mathrm{z}}$ diffère de zéro, tandis que F_{Y} est faible auprès de $\overline{\mathrm{F}}_{\mathrm{z}}$.

L'inclinaison ou pente de la surface décollée est donc ou bien très petite, ou bien à peu près triple de celle du plan tangent à la ligne de décollement contenant le gradient de pression, et il est au moins assuré que la pente g ne peut pas être forte si $\overline{\mathrm{D}}\mathrm{p}$ est presque parallèle à la paroi.

La généralisation peut être faite pour un point courant de la ligne de décollement, où $\overline{\mathrm{F}}$ peut différer de zéro, par la même discussion d'ordres de grandeur portant sur des équations plus complexes.

7° Les résultats ci-dessus expliquent pourquoi les méthodes classiques d'étude de la couche limite, qui négligent l'inclinaison du gradient de pression sur la paroi, ne permettent pas le calcul de l'écoulement en aval du décollement et sont déjà défaillantes au voisinage du décollement, en amont de celui-ci.

MÉCANIQUE PHYSIQUE. — *La viscosité des fils métalliques.*

Note (*) de M. **Constantin Sălceanu**, transmise par M. Pierre Chevenard.

Dans un travail antérieur (1), nous avons proposé une méthode pour la mesure de la viscosité des fils métalliques, basée sur la détermination du temps nécessaire, T, pour réduire de moitié l'amplitude initiale des oscillations d'un pendule de torsion, dont le fil de suspension est constitué par le métal à étudier. La relation employée est la suivante :

$$\eta = \frac{2,8lJ}{\pi T r^4},$$

où J est le moment d'inertie appliqué; T la durée qui réduit de moitié l'amplitude des oscillations; r le rayon du fil métallique; l la longueur du pendule et η le coefficient de viscosité du fil métallique.

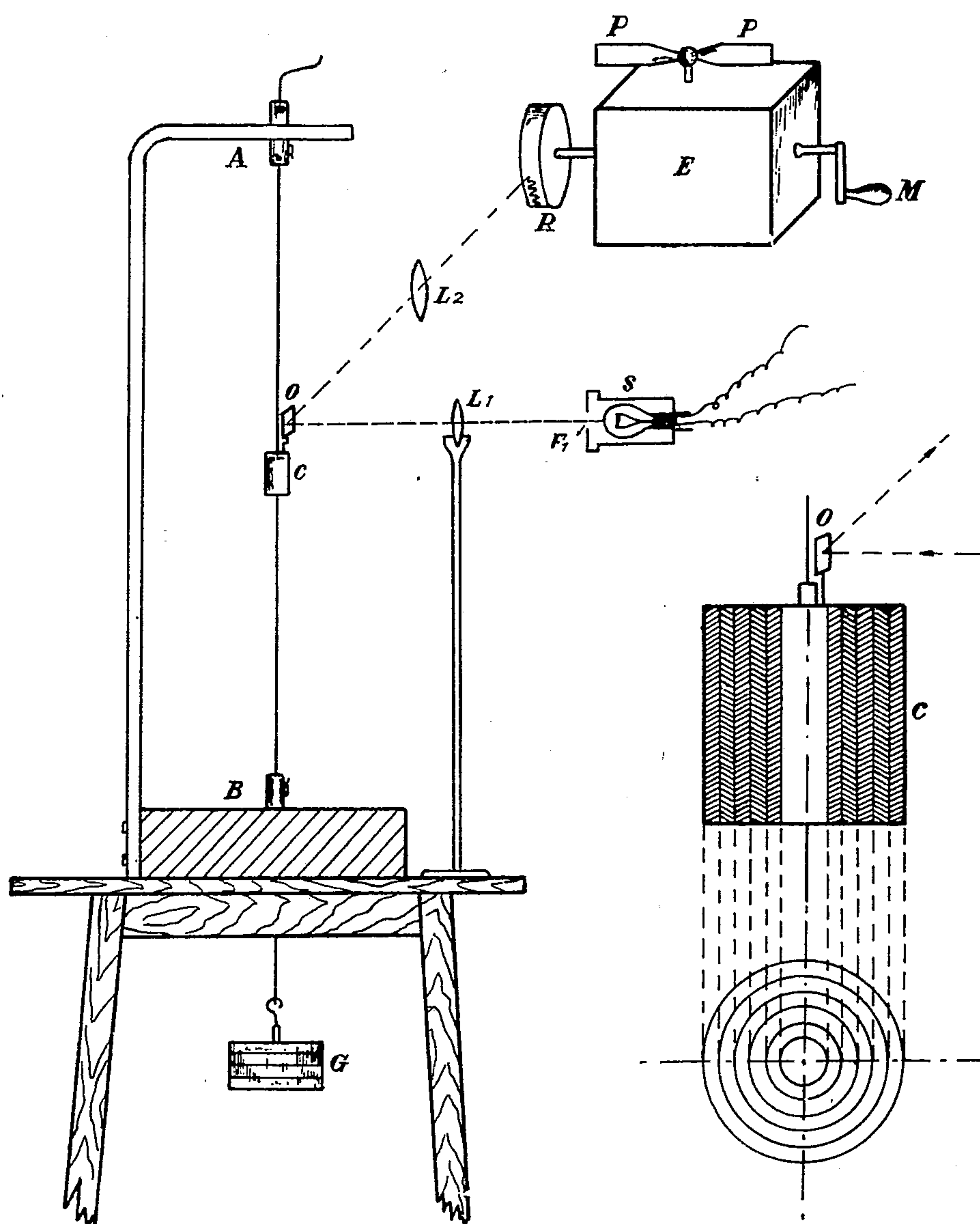
Notre nouveau dispositif employé est figuré schématiquement sur la figure. Le pendule de torsion est constitué par le fil métallique $\mathrm{AB} = 510$ mm fixé en A et B, pouvant glisser sans torsion dans une monture en B. Le fil métallique est tendu à l'aide des poids G, ne dépassant pas la limite de proportionnalité de la loi de Hooke. Au milieu du fil est adapté une tige métallique pourvue de deux poids coulissants (non figurés) placés symétriquement par rapport au fil de suspension, qui permettent par leur glissement de faire varier le moment d'inertie du pendule.

Sur la figure nous avons représenté seulement le dispositif d'enregistrement graphique des oscillations dont le nombre par seconde est compris entre 3

(*) Séance du 12 septembre 1955.

(1) *Comptes rendus*, **226**, 1948, p. 1798.

et 40. Dans ce cas, le moment d'inertie est obtenu au moyen d'un poids constitué par cinq cylindres superposés, détachables (figurés à droite sur le schéma).



Les mesures ont été effectuées à la pression atmosphérique, en employant des amplitudes très petites (inférieures à 0,01 rad) pour se conformer aux conditions théoriques, d'après lesquelles le temps qui réduit de moitié l'amplitude des oscillations ne dépend pas de la grandeur des amplitudes.

Nous avons travaillé sur des fils d'acier, d'aluminium, de cuivre, d'or, d'argent, de platine et de fer.

Nous groupons dans le tableau ci-dessous les résultats obtenus en travaillant avec un fil d'aluminium.

Fil d'aluminium (diamètre : $\Phi = 0,082$ cm).

J(g. cm²).	T(s).	ν(vibr/s).	η (poise).	νη.
14 700	155	0,38 s^{-1}	36 .10^7	13,7.10^7
10 900	120	0,42	33,8	14,1
8 500	115	0,5	27,8	13,9
6 300	97	0,59	24,4	14,4
4 000	85	0,70	17,7	13,3
2 950	74	0,85	14,6	12,4
2 430	65	0,95	13,9	13,2
1 490	48	1,16	11,6	13,5
857	40	1,45	9,2	13,4
111	11	3,8	4,0	15,2
66,6	9,6	5	3,0	15
36	7,8	9	1,84	16,5
18,6	6,4	12,1	1,16	13,9
7,9	4	19,5	0,79	15,4
2,97	2,6	30,3	0,46	13,9

On constate que le produit νη de la fréquence d'oscillation pendulaire ν par le coefficient de viscosité η garde une valeur presque constante dans la limite des erreurs d'expérience, ce qui montre que la variation de la viscosité par rapport à la fréquence suit l'allure d'une hyperbole équilatère. Des résultats analogues ont été obtenus pour d'autres fils métalliques.

BALISTIQUE. — *Sur la formation provoquée des ondes explosives sphériques dans les mélanges gazeux.* Note (*) de MM. **Heinz Freiwald** et **Hans Ude**, présentée par M. Georges Darrieus.

Nous avons étudié l'amorçage d'une onde de détonation sphérique dans des mélanges gazeux par une onde se propageant dans un tube. Amorcée par une étincelle, la déflagration d'un mélange gazeux se transforme en détonation sphérique.

Nous avons étudié dans une précédente Note [1], la formation des ondes explosives sphériques dans des mélanges d'acétylène et d'air, en utilisant pour l'amorçage un détonateur de type commercial contenant 1,1 g d'explosif.

Pour éviter l'utilisation du détonateur nous avons essayé de provoquer l'onde explosive sphérique par une détonation se propageant dans un tube.

A cet effet nous avons introduit un tube en laiton de 28 mm de diamètre intérieur et de 140 cm de longueur dans un ballon-sonde de 90 cm de diamètre.

(*) Séance du 5 septembre 1955.

(1) H. Freiwald et H. Ude, *Comptes rendus*, 236, 1953, p. 1741.

Une de ses extrémités se trouvait au centre du ballon. Le tube comportait à l'intérieur du ballon une partie en verre permettant l'observation de l'onde explosive. Un mélange de gaz remplissant le ballon et le tube a été amorcé à l'extrémité extérieure du tube par une étincelle ou un détonateur.

La figure 1 montre un enregistrement sur tambour tournant effectué avec ce dispositif [pour les détails *voir* (1)].

La détonation se propage dans le tube et provoque la détonation sphérique dans le ballon. Pour les mélanges d'acétylène et d'air nous avons constaté qu'avec les dimensions indiquées plus haut l'onde de détonation ne se transmet pas du tube au ballon, même en faisant varier λ, c'est-à-dire le rapport entre la quantité d'oxygène dans le mélange et celle que nécessite effectivement la combustion complète. En diminuant la teneur en azote de l'air, l'amorçage du mélange se produit dans le ballon.

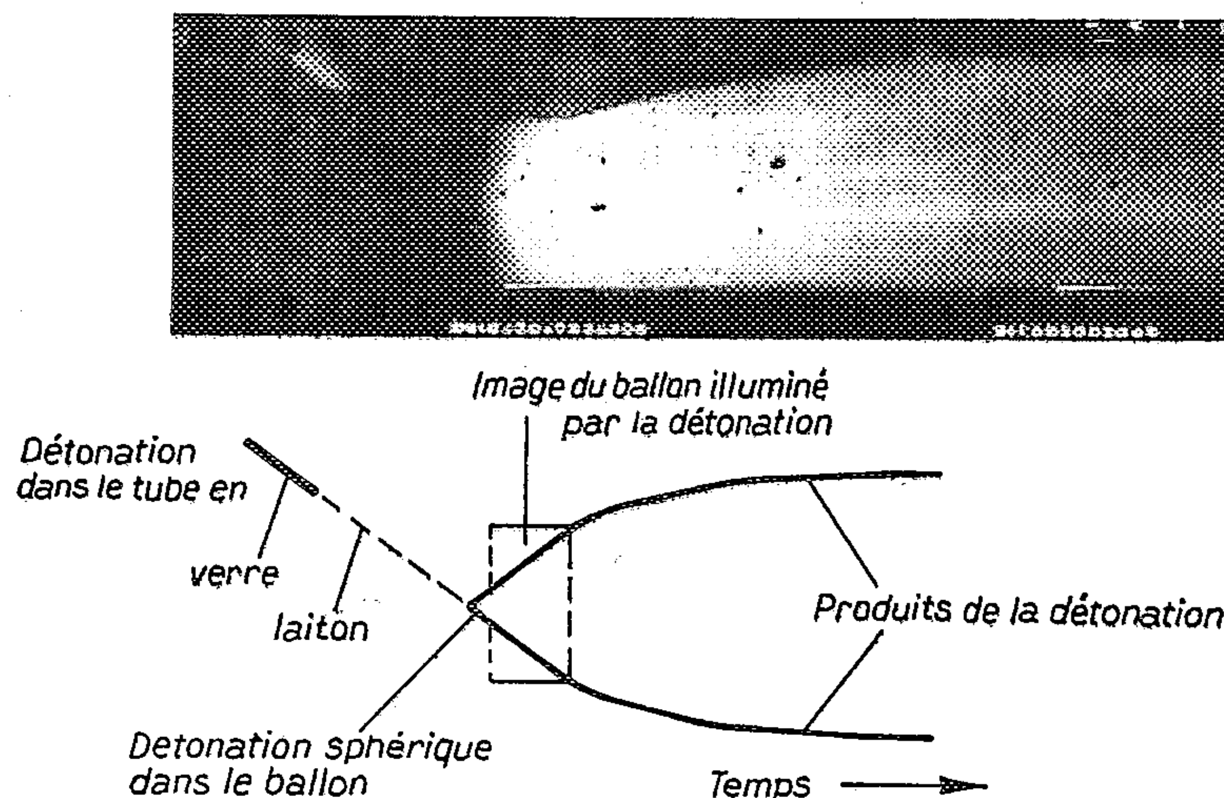


Fig. 1 *Amorçage de la détonation sphérique par détonation dans un tube : 54 ℓ de C_2H_2 ; 73,7 ℓ de O_2 ; 232 ℓ d'air ; λ = 0,9 , ("atmosphère" à 40 % de O_2).*

La figure 1 montre le passage de la détonation « linéaire » à la détonation sphérique d'un mélange de 54,4 l de C_2H_2, 232 l d'air et 73,7 l de O_2 (« atmosphère » avec 40 % de O_2). Ce passage a lieu pour $\lambda = 0,9$, à partir d'un pourcentage de 35 % de O_2 dans « l'atmosphère ».

Dans les mélanges de C_2H_2 et O_2 ce passage se produit à partir de 12,5 % de $C_2H_2 (\lambda = 2,8)$ jusqu'à 62,5 % de C_2H_2 $(\lambda = 0,24)$.

Pour les mélanges de propane et d'oxygène les nombres correspondants sont : 16,6 % de $C_3H_8 (\lambda = 1)$ jusqu'à 38 % $(\lambda = 0,326)$.

En diluant le mélange de 19 % de C_3H_8 et $O_2 (\lambda = 0,85)$ avec N_2 de sorte que « l'atmosphère » (sans C_3H_8) contienne 5 % de N_2, le passage à la déto-

nation a lieu; par contre avec 10 % de N_2 il y a seulement combustion du mélange dans le ballon et pas de détonation.

Nous avons également étudié le passage de la détonation « linéaire » à la détonation sphérique pour le mélange : $2H_2$ et $O_2(\lambda = 1)$. Les « limites de détonation » précitées doivent varier suivant le diamètre du tube; elles s'élargiront lorsque le diamètre augmentera et inversement.

Jusqu'à présent on savait d'après les tableaux de J. Campbell (²) et de P. Laffitte (³), qu'une onde de détonation se propageant dans un tube rempli d'un mélange gazeux s'éteint et se transforme en combustion quand le tube s'élargit subitement. Plus haut nous avons montré cependant que ce n'est pas la règle générale, mais que le passage de la détonation « linéaire » à la détonation sphérique est possible et qu'il dépend des dimensions du tube et de la composition du mélange.

On sait que la combustion dans un tube, d'un gaz mélangé avec l'oxygène et même avec de l'air (C_2H_2; Dixon) peut se changer en détonation. Dernièrement E. Schmidt (⁴) a pu observer le passage à la détonation de mélanges de propane et d'air ayant brûlé sur 15 à 30 m dans des tubes de 50-400 mm de diamètre.

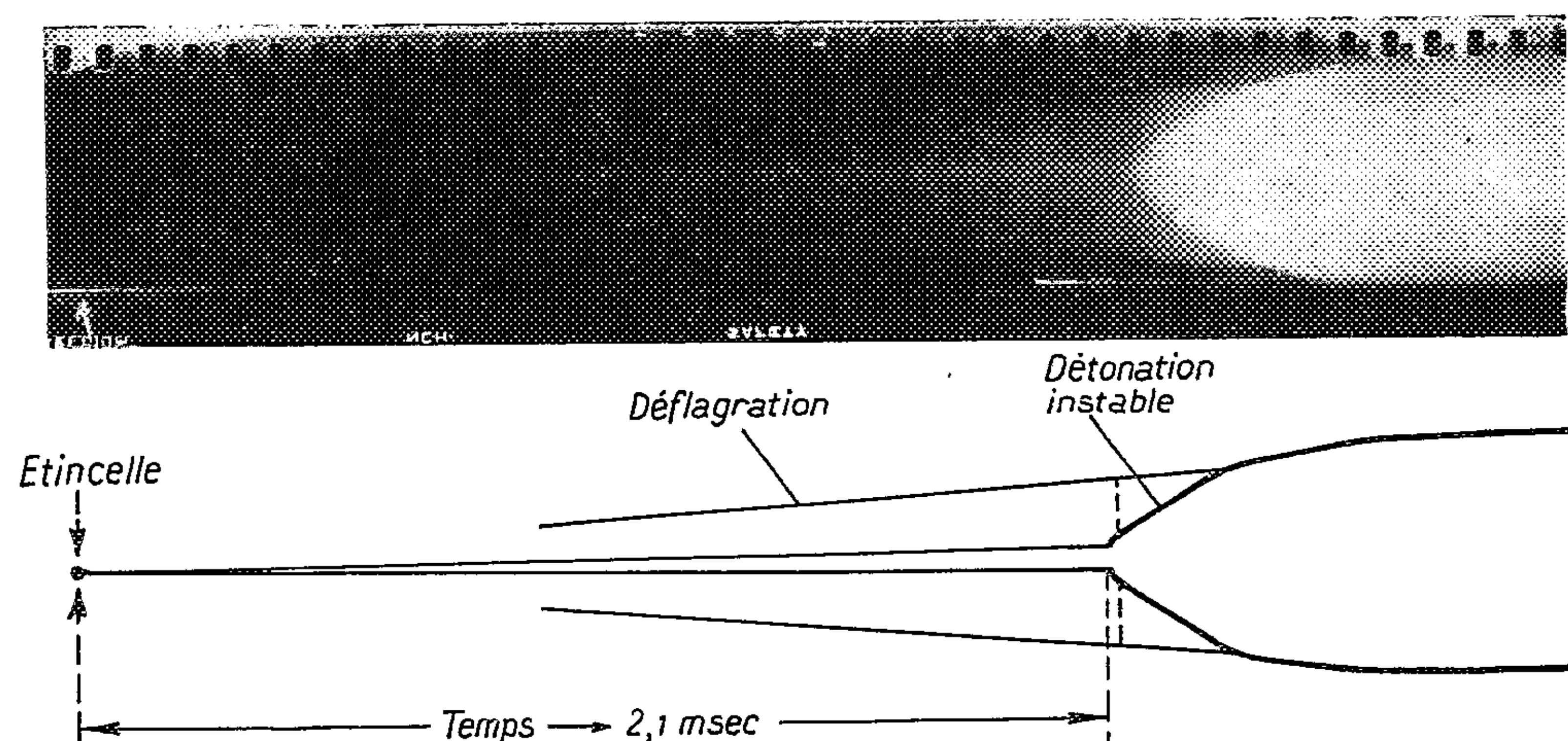


Fig. 2. Amorçage par étincelle; 82 ℓ de C_2H_2; 182 ℓ de O_2; 111 ℓ d'air; $\lambda = 1$; ("atmosphère" à 70 % de O_2).

Nous avons pu observer ce passage d'une combustion, provoquée par une étincelle électrique, à une réaction de détonation.

La figure 2 montre la combustion provoquée par une étincelle (1 μF; 6 kV;

(²) *J. Chem. Soc.*, **121**, 1922, p. 2483.

(³) *Ann. Phys.*, 10ᵉ série, **4**, 1925, p. 645.

(⁴) S. Travers, *Colloque international de Saint-Louis* (29 octobre 1951). *Mémoire Artillerie Française*, **27**, 1953, p. 821.

distance des électrodes : 2,2 mm) d'un mélange de 82 l de C_2H_2, 111 l d'air et 182 l de O_2($\lambda = 1$; « atmosphère » à 70 % de O_2) qui se transforme au bout de 2,1 ms en détonation instable se propageant à une vitesse moyenne de 1780 m/s. Au commencement et à la fin de la réaction la vitesse est un peu plus petite. En diminuant la teneur en azote, avec le même amorçage dans une « atmosphère » à 90 % de O_2 il se produit une détonation stable et franche (2200 m/s) après un temps de combustion de 0,18 ms.

Avec $\lambda = 0,59$ (mélange plus riche) une détonation se produit au bout de 0,6 ms lorsque l'atmosphère contient au moins 60 % de O_2.

En abaissant la teneur en azote l'intervalle de temps entre l'amorçage par étincelle et le début de la détonation diminue. Ainsi pour les mélanges C_2H_2—O_2 cet intervalle est d'environ 0,1 ms.

RADIOASTRONOMIE. — *Influence de l'âge des centres d'activité radioélectrique sur leur rayonnement en ondes centimétriques.* Note de M. **Bernard Vauquois**, présentée par M. André Danjon.

On compare la variation du flux radioélectrique des centres actifs sur 10 cm à celle de l'aire des taches en fonction du temps. Discussion.

Dans une Note précédente [1] nous avons étudié l'influence de la position sur le disque d'un centre d'activité sur son émission radioélectrique en ondes centimétriques (composante lentement variable) par l'analyse statistique des observations sur 10,7 cm de A. E. Covington. Nous étudions maintenant l'influence de l'âge du centre actif.

Comme dans la Note [1] l'émission globale du disque est représentée par la relation

$$F = F_0 + \Sigma A(t)\, k(t)\, \varphi(\theta), \tag{1}$$

où F_0 représente la composante de base dite du Soleil calme, A l'aire *vraie* des taches contenues dans un centre, $\varphi(\theta)$ l'effet de l'assombrissement centre-bord et k un coefficient destiné à décrire l'effet de l'âge. Au cours de l'étude précédente k était supposé constant. Nous appellerons *fonction de vieillissement* la fonction $k(t)$.

Détermination de la fonction de vieillissement. — Pour un jour d'observation où n groupes sont visibles, l'équation (1) nous fournit une relation linéaire entre n valeurs $k(t_i)$ de la fonction de vieillissement. En fait, environ 200 équations de la forme (1) ont été tirées des observations disponibles pour 1951-1952,

(1) *Comptes rendus*, **240**, 1955, p. 1862.

comportant 32 inconnues $k(t_i)$. L'âge de chaque groupe a été déterminé d'après les observations spectrohéliographiques de Meudon.

La figure 1 donne le résultat de la résolution de notre système; les valeurs $k(t_i)$ indiquées sont les moyennes glissantes sur trois jours des coefficients obtenus pour chaque jour. La dispersion des résultats est modérée et montre que notre détermination statistique de la fonction de vieillissement est significative.

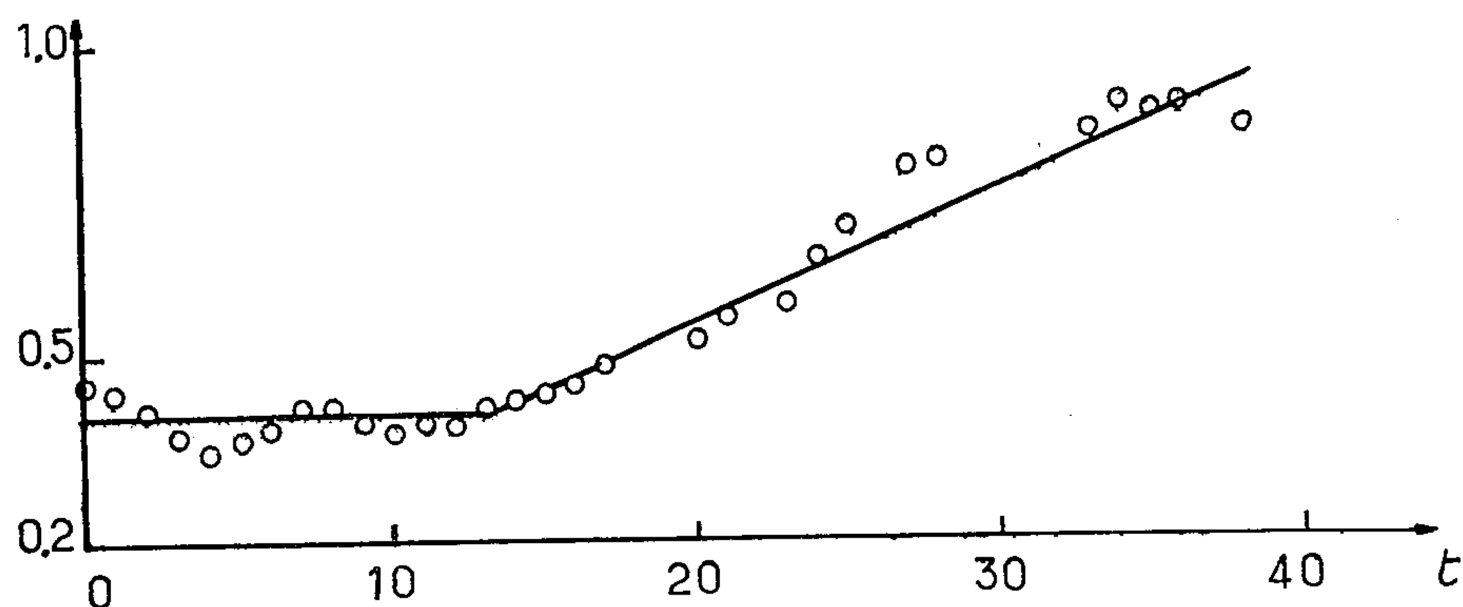


Fig. 1. — Fonction de vieillissement $k(t)$ des centres actifs.

Discussion. — Nous remarquons que la fonction $k(t)$, constante pendant les 15 premiers jours devient croissante pour $t > 15$. Il semble donc que le flux radioélectrique d'un centre actif est proportionnel à la surface tachée de ce centre pendant les 15 premiers jours de sa vie, puis décroît moins vite que l'aire des taches et peut même persister après leur disparition. Une partie importante des groupes recensés a une durée de vie comprise entre 10 et 20 jours, les groupes plus vieux et les groupes récurrents étant en plus petit nombre. On pourrait alors se demander si les centres à longue vie n'auraient pas une fonction de vieillissement continuellement croissante, le palier observé pour $0 < t < 16$ étant dû à une fonction essentiellement décroissante des centres à courte vie. Une statistique séparée nous a montré qu'il n'en était rien; la courbe de la figure 1 représente bien la fonction de vieillissement d'un centre actif quelle que soit sa durée.

Les résultats indiqués ici expliquent bien pourquoi le coefficient de corrélation *aire des taches-flux radioélectrique* déterminé chaque année est meilleur en fin de cycle qu'en période de maximum d'activité; dans le premier cas, en effet, la plupart des taches sont à courte vie. Notre détermination de la fonction de vieillissement des plages d'émission sur 10,7 cm montre également que ces plages ont un comportement beaucoup plus voisin de celui des facules que de celui des taches au cours de l'évolution des centres d'activité.

ASTROPHYSIQUE. — *Corrélations remarquables dans les variations du spectre de AX Persei.* Note de M. **Junior Gauzit**, présentée par M. André Danjon.

Plusieurs auteurs, étudiant les étoiles variables à spectre composite, ont tenté de lier les variations d'intensité des raies brillantes à une certaine période, qui serait celle des explosions d'un prétendu compagnon chaud, plus ou moins analogue à une nova à répétition. On obtient une méthode indépendante de toute hypothèse en comparant les variations simultanées des intensités relatives de quelques radiations. C'est ce que j'ai fait dans le cas de AX *Persei*. Pour obtenir la meilleure unité possible dans cette comparaison, j'ai utilisé uniquement les données résultant des observations réalisées par Swings et Struve [1] entre septembre 1939 et janvier 1943, même lorsque d'autres observateurs ont signalé d'autres changements pendant cette période.

L'apparition des raies nébulaires de [OII], dont la probabilité de transition est très faible, indique une diminution de la pression dans la région où ces raies sont émises. A défaut de ces raies, on peut connaître le sens des fluctuations de la pression d'après le rapport d'intensité des raies aurorale et nébulaires de [OIII], qui, dans le cas présent, dépend bien plus de la pression que de la température électronique.

J'ai examiné comment varient, en fonction de la pression, l'intensité des raies émises par fluorescence et celle des raies dues aux atomes fortement ionisés, tels que Ne V, Fe V, Fe VI, Fe VII. Parmi les raies excitées par fluorescence, j'ai fait intervenir celles de N III et la raie λ 4686 de He II. J'ai considéré aussi le rapport d'intensité des raies de singlets et de triplets de He I. On sait en effet que, par comparaison aux conditions habituelles du laboratoire, les raies de singlets sont renforcées dans le spectre de AX *Persei* et dans celui d'un certain nombre d'astres. Swings et Struve ont attribué ce renforcement à une excitation par fluorescence, qui augmente la population des niveaux singlets, mais non des triplets, puisque le niveau normal est singlet et puisque les combinaisons entre les deux systèmes sont interdites. On observe effectivement que le rapport croît ou décroît en même temps que l'intensité des raies de N III et que λ 4686.

Ces comparaisons systématiques m'ont montré qu'*une diminution de la pression favorise l'excitation par fluorescence, mais est accompagnée, en général, d'une ionisation moins forte.*

Ces résultats méritent quelques commentaires. En premier lieu, on est surpris de trouver des corrélations entre des radiations si différentes. On

---

(1) *Astrophys. J.*, 91, 1940, p. 546; 94, 1941, p. 291; 95, 1942, p. 152; 96, 1942, p. 254; 97, 1943, p. 194; 98, 1943, p. 91; 101, 1945, p. 224 ou *Contrib. McDonald Observ.*, nos 22, 37, 42, 56, 64, 72 et 103.

admettrait volontiers qu'elles sont émises en des régions éloignées d'une enveloppe gazeuse. Il faudrait alors que les variations de la pression s'étendent à toutes ces régions. En tout cas, les corrélations observées s'expliqueraient difficilement dans l'hypothèse d'un système complexe, par lequel on pourrait tenter d'interpréter les propriétés de AX *Persei*.

La variation d'importance, en fonction de la pression, du mécanisme d'excitation par fluorescence conduit à penser qu'en temps normal une proportion notable du rayonnement excitateur subit une absorption pure et simple, sans fluorescence.

Enfin la diminution de l'ionisation lorsque la pression décroît est un fait inattendu; il indique que l'ionisation est déterminée par des mécanismes différents de ceux qui interviennent généralement dans les atmosphères stellaires.

ASTROPHYSIQUE. — *La conservation des radicaux libres à basse température et la structure des noyaux de comètes.* Note (*) de M. **Leo Haser**, transmise par M. Marcel Dehalu.

On connaît toutes les difficultés rencontrées dans l'interprétation des observations spectroscopiques des comètes, si l'on suppose que les radicaux observés (OH, NH, CN, CH, C_2, C_3, ...) résultent seulement de la photodissociation de molécules parentes produites par sublimation des glaces du noyau. C'est ainsi qu'il est difficile de comprendre comment les bandes de OH peuvent être observées à grande distance du Soleil, si les radicaux OH résultent seulement de la photodissociation de molécules H_2O sublimées à partir de l'eau gelée; on sait, en effet, que la glace de H_2O a une très faible tension de vapeur. On a essayé de résoudre de telles difficultés en invoquant la possibilité des hydrates solides et des réactions à la surface des glaces (1).

Les remarquables travaux expérimentaux de Pimentel (2) et de G. Porter et ses collaborateurs (3) apportent un important élément nouveau au problème cométaire. Comme on le sait, la technique des « radicaux emprisonnés » dans les milieux rigides, après dissociation des molécules, permet d'observer les spectres d'absorption des radicaux, avec une intensité constante, pendant de nombreuses heures après leur formation. La possibilité de conserver indéfiniment des radicaux libres à basse température peut s'appliquer immédiatement au cas des comètes.

(*) Séance du 1er août 1955.

(1) A. H. Delsemme et P. Swings, *Annales d'Astrophysique*, 15, 1952, p. 1-6.

(2) *Communication au Colloque de Spectroscopie moléculaire d'Oxford*, juillet 1955.

(3) *Communication au Colloque de Spectroscopie moléculaire d'Oxford*, juillet 1955.

Au lieu de se figurer le noyau cométaire comme un simple conglomérat de glaces ([4]) de H_2O, CH_4, NH_3, ..., avec adjonction éventuelle d'hydrates solides ([1]), on peut penser que ce noyau contient aussi de nombreux radicaux « emprisonnés » au sein des cristaux de H_2O, CH_4, NH_3, ... ou des hydrates solides. Lorsque la comète se rapproche du Soleil, il y aurait, non seulement sublimation des glaces pures et des hydrates solides, mais encore évaporation des radicaux les plus volatiles. On ne connaît pas les tensions de vapeur des radicaux; mais on est tenté de penser que les radicaux CN et OH observés à grande distance héliocentrique sont dégagés directement comme radicaux et ne résultent pas de la photodissociation de molécules parentes à faible tension de vapeur. A grande distance héliocentrique (de l'ordre de 2,5 unités astronomiques), peu de variétés de radicaux seraient évaporées : en fait, les comètes ne révèlent que la bande de CN à cette distance. Il n'y aurait donc guère de réaction chimique à la surface de la comète. Mais à plus faible distance du Soleil, des réactions pourraient se produire entre radicaux d'espèces différentes. C'est ainsi que la molécule de tricarbone C_3 donnant lieu aux bandes de Swings pourrait être produite à la suite d'un phénomène de polymérisation, par exemple de radicaux CH.

On peut imaginer différents mécanismes de formation et d'emprisonnement des radicaux. Pour les nouvelles comètes on peut, en adoptant l'hypothèse de Oort sur le réservoir de comètes situé aux confins du système solaire, supposer que les atomes, molécules et poussières du milieu interstellaire et du système solaire se sont coagulés à la surface du noyau, formant une texture poreuse, étant donné la faible attraction gravitationnelle. Dans la région du réservoir, les radicaux interstellaires pourraient être trappés et conservés directement. D'autres pourraient être formés par association d'atomes à la surface solide et ensuite emprisonnés. Un radical comme NH_2 observé dans les comètes et non dans l'espace interstellaire pourrait être dû à la combinaison d'un radical NH congelé et d'un atome incident d'hydrogène.

Les phénomènes conduisant à la formation des atmosphères cométaires sont vraisemblablement complexes. Il nous a paru utile d'attirer l'attention sur le rôle que pourraient jouer les radicaux trappés, en plus des glaces pures et des hydrates solides. Dans ce domaine, de nombreux travaux de laboratoire sont désirables : détermination des températures maxima auxquelles les radicaux peuvent être emprisonnés et conservés; détermination des tensions de vapeur des radicaux; étude des réactions entre radicaux; éjection de radicaux par bombardement d'électrons, protons ou ions plus lourds.

([4]) F. L. WHIPPLE, *Ap. J.*, 111, 1951, p. 375-394; *Ap. J.*, 113, 1951, p. 464-474.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Modèle de la théorie causale des micro-objets relativistes de spin quelconque au moyen d'un fluide relativiste doté de moment cinétique interne.* Note de MM. **Francis Halbwachs, Georges Lochak** et **Jean-Pierre Vigier**, présentée par M. Louis de Broglie.

L'application des résultats d'une Note précédente (1) aux équations linéaires des particules à spin présentées sous la forme de von Neuman permet de fournir une représentation hydrodynamique de la théorie causale des particules à spin en fonction des variables relativistes habituelles. Dans le cas des particules de spin 1/2, on retrouve le modèle de Takabayasi (2).

Les résultats obtenus dans notre précédente Note permettent d'étendre le modèle hydrodynamique de l'interprétation causale (3) à la théorie générale des particules à spin. Ce modèle suppose que chaque micro-objet individuel (électron, méson, etc.) présente à la fois un aspect étendu réel assimilable à un fluide particulier doté de tensions correspondant au potentiel quantique [qui constitue une représentation hydrodynamique de l'onde v sans singularité, de M. Louis de Broglie, solution particulière d'une des équations d'onde linéaires habituelles (4)] et un aspect particulaire correspondant à une singularité stable, représentant l'onde u_0 satisfaisant dans la région singulière à une équation non linéaire, et astreinte à suivre une ligne de courant déterminée du fluide continu.

L'introduction du spin revient à supposer que le fluide continu est doté d'une densité continue de moment cinétique interne et que la région singulière est dotée du même mouvement de rotation que la région de ce fluide qu'elle suit au cours de son mouvement. Ceci revient en somme à ajouter un troisième « paramètre caché » (la rotation propre) aux deux paramètres (position et vitesse) précédemment introduits par l'interprétation causale. Le moment cinétique de l'aspect particulaire du micro-objet variera donc de façon continue au cours du temps et l'on peut montrer que des opérations de mesure macroscopique fournissent les valeurs quantifiées de ce moment cinétique prévues par l'interprétation indéterministe de la théorie des quanta (5).

Dans le cas des particules de spin o, par exemple, le spin, paramètre caché n'est pas nul, alors que le spin mesuré est toujours nul.

Pour décrire un micro-objet relativiste doté de spin, nous utiliserons la

(1) F. Halbwachs, G. Lochak et J.-P. Vigier, *Comptes rendus*, 241, 1955, p. 692.

(2) Communication privée de l'auteur. A paraître dans *Progr. Theor. Phys.* (Japon).

(3) Bohm et Vigier, *Phys. Rev.*, 96, 1954, p. 208-216.

(4) Le problème posé par la description d'un milieu susceptible de transmettre les ondes de la mécanique ondulatoire a été abordé par M. David Bohm et deux d'entre nous (Lochak et Vigier) dans un travail qui sera publié ultérieurement.

(5) Bohm, Schiller et Tiomno, *Nuovo Cimento*, supp. 1, 1955.

méthode variationnelle indiquée dans notre Note précédente. Nous prendrons pour lagrangien ([6])

$$\mathcal{L} = q^{+}\gamma^{\mu}\,\partial_{\mu} q + \frac{mc}{\hbar}\, q^{+}q,$$

où q représente un spineur, q^{+} son conjugué et γ^{μ} une représentation irréductible du groupe des rotations.

L'équation d'onde sera alors

$$\gamma^{\mu}\,\partial_{\mu} q + \frac{mc}{\hbar}\, q = 0.$$

Elle décrit l'évolution de l'onde continue $\varphi = q$ et des variables dynamiques ρ, u_{μ}, g_{μ}, $\sigma_{\lambda\mu\nu}$, $s_{\mu\nu}$ et $K_{\mu\nu}$ qui caractérisent le fluide continu associé ([7]).

A titre d'exemple nous allons justifier ainsi la représentation hydrodynamique de l'équation de Dirac proposée par M. Takabayasi, problème déjà abordé par plusieurs auteurs ([8]). Nous montrerons que le fluide de Takabayasi est un fluide de Möller-Weysenhoff doté de tensions internes et nous justifierons notamment la densité d'impulsion proposée par MM. Yvon et Takabayasi.

Takabayasi décompose à l'aide de l'équation d'onde le tenseur d'énergie-impulsion canonique (ou orbital) et obtient

$$T_{\mu\nu} = mc^{2} P k_{\mu} u_{\nu} + cP\frac{\hbar}{2}\left(s_{\nu}\partial_{\mu}\theta + i\varepsilon_{\nu\alpha\beta\gamma} u^{\alpha} s^{\beta}\partial_{\mu} u^{\gamma}\right)$$

où l'on a

s_{μ} = vecteur unitaire colinéaire au spin $\quad (s_{\mu}s^{\mu} = 1$ et $s_{\mu}u^{\mu} = 0)$,

$\varepsilon_{\nu\alpha\beta\gamma}$, symbole de Levi Civita.

P et θ sont tels que

$$P\cos\theta = q^{+}q; \qquad P\sin\theta = q^{+}\gamma^{5}q.$$

Il postule que Pk_{μ} est la densité d'impulsion du fluide et obtient

$$k_{\mu} = u_{\mu}\cos\theta + mc\frac{\hbar}{2}\left\{ (u_{\mu}s_{\nu} - u_{\nu}s_{\mu})\,\partial^{\nu}\theta - \frac{i}{P}\varepsilon_{\mu\alpha\beta\gamma}\,\partial^{\alpha}(P u^{\beta} s^{\gamma}) \right\}.$$

MM. Yvon et Takabayasi ont également établi la relation

$$\cos\theta + \frac{\hbar}{2mc} s^{\nu}\partial_{\nu}\theta + k^{\nu}u_{\nu} + \frac{i\hbar}{2mc}\varepsilon_{\alpha\beta\gamma\delta} u^{\alpha} s^{\beta}\partial^{\gamma} u^{\delta} = 0$$

qui permet d'écrire

$$k_{\mu} = -u_{\mu}u_{\nu}k^{\nu} - \frac{i\hbar}{2mc} u_{\mu}\varepsilon_{\alpha\beta\gamma\delta} u^{\alpha} s^{\beta}\partial^{\gamma} u^{\delta} - \frac{\hbar}{2mc} s_{\mu} u^{\nu}\partial_{\nu}\theta$$
$$- \frac{i\hbar}{2mc}\varepsilon_{\mu\alpha\beta\gamma} s^{\gamma}\partial^{\alpha} u^{\beta} - \frac{i\hbar}{2mc} P\,\varepsilon_{\mu\alpha\beta\gamma} u^{\beta}\partial^{\alpha}(P s^{\gamma}).$$

([6]) BHABHA, *Rev. Mod. Phys.*, 21, 1949, p. 451.

([7]) HALBWACHS, LOCHAK et VIGIER, *Loc. cit.*

([8]) J. YVON, *J. Phys. Rad.*, 1, 1940, p. 18; O. COSTA DE BEAUREGARD, *Thèse*, Paris, 1943; L. DE BROGLIE, *Théorie des particules de spin 1/2*, Paris, 1952.

Introduisons maintenant l'expression

$$T_{\mu\nu} = g_\mu u_\nu + \Theta_{\mu\nu}, \qquad \text{avec} \quad \Theta_{\mu\nu} u^\nu = 0;$$

$$T_{\underset{\vee}{\mu\nu}} = \frac{1}{2}(g_\mu u_\nu - g_\nu u_\mu) + \Theta_{\underset{\vee}{\mu\nu}}$$

et

$$g_\mu = - u_\mu g_\nu u^\nu - 2 T_{\underset{\vee}{\mu\nu}} u^\nu + 2 \Theta_{\underset{\vee}{\mu\nu}} u^\nu.$$

Tirons $T_{\underset{\vee}{\mu\nu}}$ et $\Theta_{\underset{\vee}{\mu\nu}}$ de l'expression de Takabayasi :

$$2 T_{\underset{\vee}{\mu\nu}} = \frac{ic\hbar}{2} \varepsilon_{\mu\alpha\nu\gamma} \partial^\alpha (P s^\gamma),$$

$$\Theta_{\mu\nu} = \frac{c\hbar}{2} P (s_\nu \partial_\mu \theta + i \varepsilon_{\nu\alpha\beta\gamma} u^\alpha s^\beta \partial_\mu u^\gamma);$$

d'où

$$g_\mu = - u_\mu u_\nu g^\nu - \frac{i\hbar c}{2} \varepsilon_{\mu\alpha\lambda\gamma} u^\lambda \partial^\alpha (P s^\gamma) - \frac{\hbar c}{2} P \{ s_\mu u^\nu \partial_\nu \theta + i \varepsilon_{\mu\alpha\beta\gamma} u^\lambda \partial^\alpha (P s^\gamma) \}.$$

Or la décomposition $T_{\mu\nu} = g_\mu u_\nu + \Theta_{\mu\nu}$, $(\Theta_{\mu\nu} u^\nu = 0)$, est unique. On a donc

$$g_\mu = mc^2 P k_\mu$$

et

$$u_\mu \varepsilon_{\alpha\beta\gamma\delta} u^\alpha s^\beta \partial^\gamma u^\delta + \varepsilon_{\mu\alpha\beta\gamma} (s^\gamma \partial^\alpha u^\beta - u^\alpha s^\beta u^\nu \partial_\nu u^\gamma) = 0$$

La formule (III) de notre Note précédente nous donne, comme « densité de moment cinétique » de Weyssenhoff :

$$s_{\mu\nu} = \frac{1}{2} \varepsilon_{\mu\nu\alpha\beta} u^\alpha \sigma^\beta \qquad \left(\text{avec } \sigma^\beta = \frac{\hbar c}{2} P s^\beta \right).$$

La relation de Möller $s_{\mu\nu} u^\nu = 0$ est manifestement vérifiée.

HYPERFRÉQUENCES. — *Amélioration d'un oscillateur stabilisé de Pound.* Note (*) de M. **Jacques Hervé**, présentée par M. Louis de Broglie.

1. — J'ai réalisé un oscillateur stabilisé à « amplification moyenne-fréquence » selon Pound ([1]), ([2]), et fonctionnant dans la bande des 3 cm. Son schéma est donné (*fig.* 1), à l'exclusion de la partie encadrée qui représente le perfectionnement proposé dans la suite.

2. — Le réglage du montage original étant long et délicat ([3]), je lui ai adjoint le dispositif représenté dans le cadre pointillé de la figure 1. Il consiste

---

(*) Séance du 22 août 1955.

([1]) C. G. Montgomery, *Technique of Microwave Measurements* (*Radiat. Labor.* series, 11) chap. I, II.

([2]) R. V. Pound, *Microwave Mixers* (*Radiat. Labor.* series), chap. IV, VII.

([3]) M. Giraud, Diplôme d'Études supérieures (1954).

en un générateur dent-de-scie, que l'on peut intercaler en différents points du circuit par le jeu des commutateurs I et J. Un oscillographe, synchronisé par la dent-de-scie, permet d'observer les tensions variables ainsi créées en d'autres points du circuit. Le réglage s'effectue par les opérations suivantes :

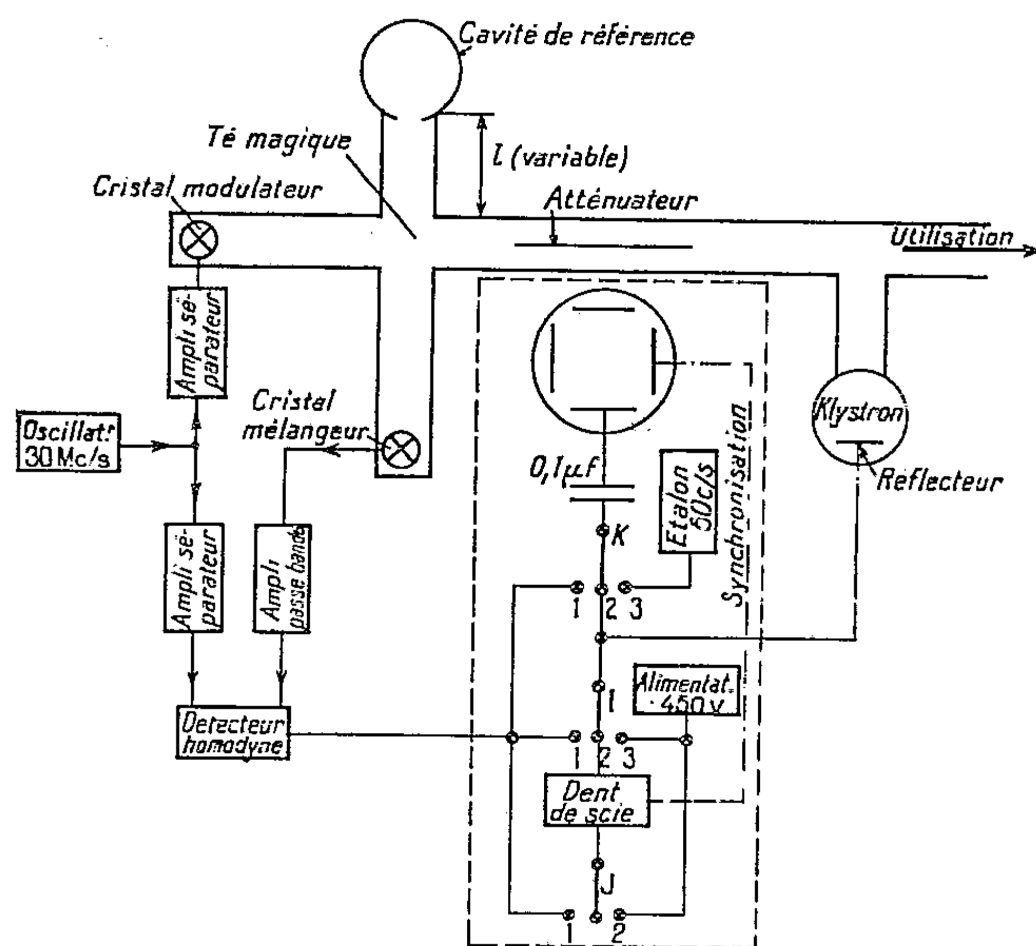


Fig. 1.

2.1. — La dent-de-scie est intercalée entre une alimentation réflecteur classique (— 400 V à — 500 V) et le réflecteur du klystron (I en 2, J en 2), l'oscillographe est branché sur la sortie du détecteur homodyne (K en 1), la cavité est désaccordée. On voit apparaître sur l'écran les modes du klystron

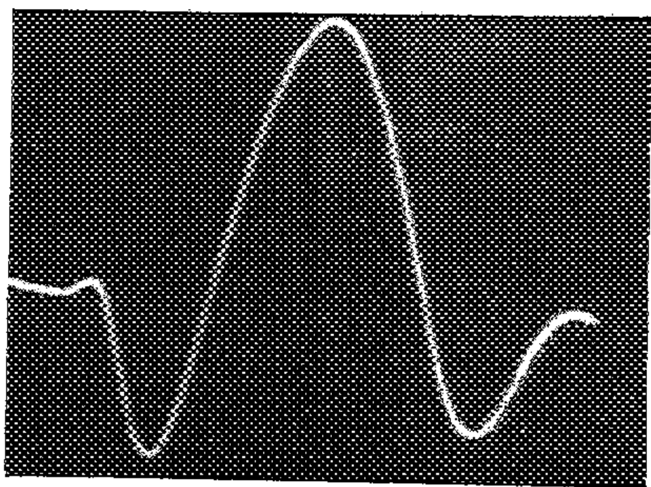


Fig. 2*a*.

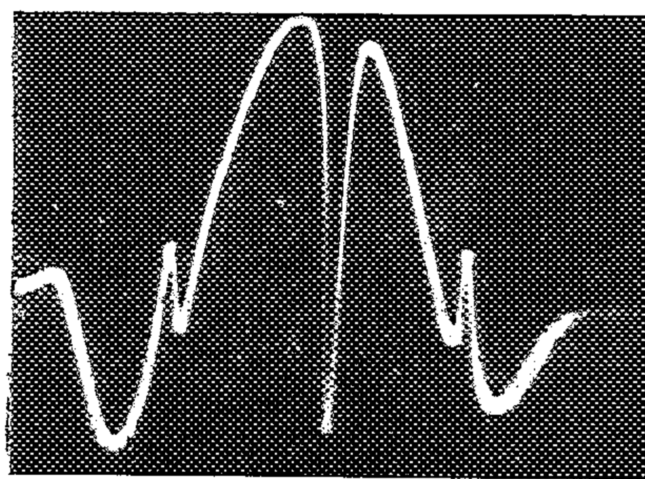


Fig. 2*b*.

(*fig.* 2.*a*); on note, de part et d'autre du signal principal les échos dus à l'emploi d'une moyenne fréquence. On règle l'atténuation à une valeur suffisante pour éviter toute discontinuité.

2.2. — On agit sur l'accord de la cavité jusqu'à ce que la courbe de résonance s'inscrive au centre du mode du klystron (*fig.* 2.*b*).

2.3. — On diminue l'amplitude de la dent-de-scie (*fig.* 2.*c*); on déforme la courbe de résonance, en agissant sur la longueur l (*fig.* 1), jusqu'à ce qu'elle prenne la forme en S désirée (*fig.* 2.*d*).

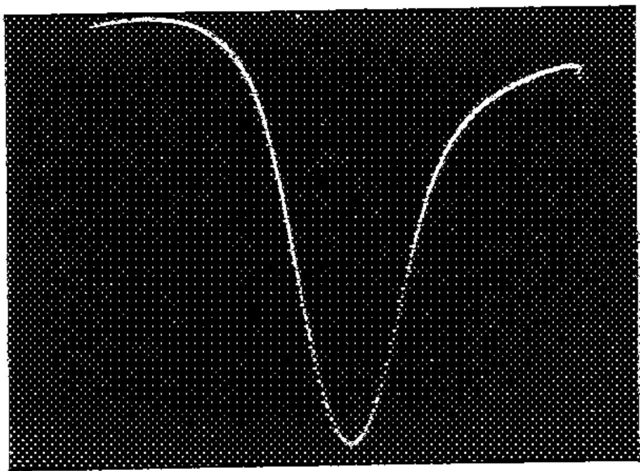


Fig. 2*c*.

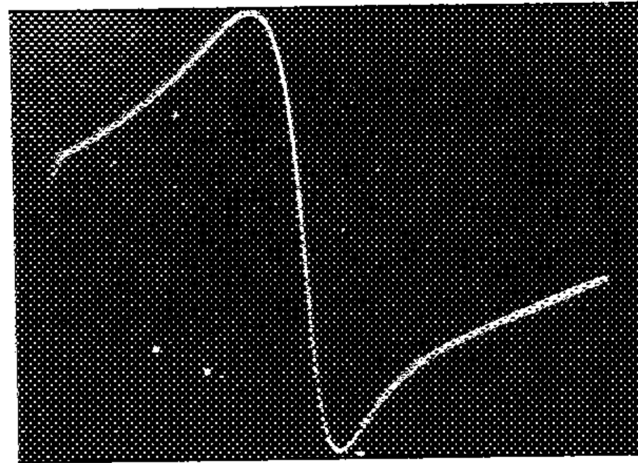


Fig. 2*d*.

2.4. — On égalise la polarisation continue de la sortie du détecteur à la tension d'alimentation et on relie cette sortie au détecteur (I en 1).

2.5. — Pour vérifier le bon fonctionnement, il suffit d'intercaler la dent-de-scie entre la sortie du détecteur et le réflecteur (I en 2, J en 1); on crée ainsi une perturbation artificielle; on observe comment réagit le dispositif en branchant l'oscillographe sur le réflecteur (K en 2). Le résultat obtenu est donné (*fig.* 2.*e*). Sur la dent-de-scie qu'on observerait en absence de stabilisation s'inscrit un palier de stabilisation.

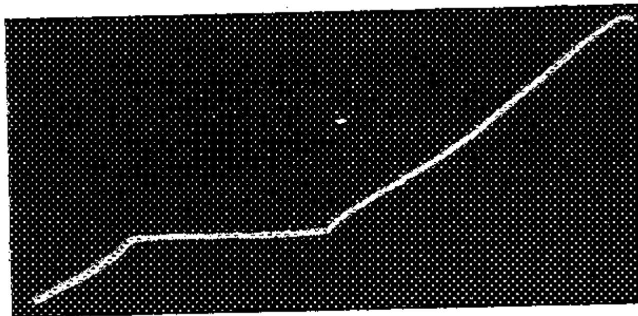


Fig. 2*e*.

3. — Mon dispositif permet aussi de mesurer, sans montage supplémentaire, la qualité Q et le coefficient de couplage β de la cavité. On déduit de la théorie de Pound que le signal de la figure 2.*d* est :

$$V = V_0 \frac{2\beta}{\beta + 1} \frac{2 Q_c \delta}{1 + (2 Q_c \delta)^2}$$

où $Q_c = Q/(1 + \beta)$ est le « Q en charge », δ est l'écart relatif de fréquence entre le klystron et la cavité, V_0 est la valeur du signal avec le réglage de la figure 2.*c* et la cavité désaccordée.

La figure 2.*d*, dont on étalonne les ordonnées et les abscisses à l'aide d'un générateur-étalon 50 c/s et des caractéristiques du klystron, fournit de suite :

$1/Q_c$ = différence entre les abscisses des deux pics,
$\beta = \Delta/(2V_0 - \Delta)$ où Δ est la différence entre les ordonnées des deux pics.

La cavité d'invar argenté utilisée a donné les résultats suivants :

$$Q_c = 9\,800, \qquad \beta = 3{,}1 \qquad \text{d'où} \qquad Q = 40\,000.$$

SPECTROSCOPIE DES RADIOFRÉQUENCES. — *Spectres vibrationnels d'absorption dans le domaine des radiofréquences de quelques solides de nature piézoélectrique.* Note de MM. **Jules Duchesne** et **André Monfils**, transmise par M. Jean Cabannes.

Nous avons décrit antérieurement ([1]) un nouveau type de spectre de radiofréquences de quelques substances antibiotiques et nous avons été conduits à mesurer le déplacement relatif en fréquence des raies, en fonction de la température. Ce déplacement, désigné Δ, a été interprété ([1]) comme le produit de la constante γ de Grüneisen par le coefficient d'expansion thermique α, à savoir

$$\Delta = -\frac{1}{\nu}\frac{d\nu}{dT} = \alpha\gamma. \tag{1}$$

Il est facile de montrer que, dans le cas d'un réseau linéaire comportant deux types de particules alternées, cette grandeur prend une signification physique simple :

$$\Delta = -\frac{1}{2}\frac{d\log k}{dT}. \tag{2}$$

Dans cette relation, où k est la force de rappel agissant entre les particules en cause, Δ apparaît comme une mesure de l'anharmonicité du potentiel correspondant. Il est évident que l'on doit s'attendre, pour un réseau spatial, à ce qu'un même composé soit caractérisé par plusieurs Δ.

Nous avons réussi à enregistrer les spectres d'une nouvelle série de substances, dont certaines ont été choisies en raison de leur intérêt biologique fondamental. Le tableau fournit les Δ mesurés pour chacune d'entre elles dans la région de 30 MHz.

La valeur de $4{,}1 \cdot 10^{-4}$ obtenue pour le sel de Rochelle est en bon accord avec la donnée ($4{,}0 \cdot 10^{-4}$) de S. Kojima, K. Tsukada, S. Ogawa, A. Shimauchi et N. Matsumiya ([2]), qui ont, indépendamment, découvert pour plusieurs substances simples un effet semblable au nôtre. Dans le cas du quartz, la valeur moyenne des Δ que nous avons mesurés est égale à $24 \cdot 10^{-6}$. A partir des données de la bibliographie sur α et γ ([3]) on obtient $\alpha\gamma = 23 \cdot 10^{-6}$, ce qui,

([1]) J. Duchesne et A. Monfils, *Bull. Acad. Roy. Belg.* **41**, 1955, p. 165; *J. Chem. Phys.*, **23**, 1955, p. 762.

([2]) *Phys. Rev.*, **92**, 1953, p. 1571; *J. Phys. Soc. Japan*, **10**, 1955, p. 265.

([3]) M. E. Grüneisen, *Rapports et Discussions du Conseil de Physique Solvay*, Paris, 1921, p. 280.

en confirmant la validité de la relation (1), démontre que les spectres en cause correspondent bien à des vibrations de réseaux ([1]). La dispersion des Δ est également en accord avec les prévisions ([1]). Il est à noter que les acides ribonucléiques et désoxyribonucléiques sont caractérisés par des Δ très petits, qui s'accroissent toutefois sensiblement pour la désoxyribonucléine de levure.

Substances.	Température (°K).	Δ.
Sel de Rochelle....	295° K	$4,1.10^{-4}$
		5,5 »
		9,5 »
		13,5 »
		15 »
Quartz............	77-294 (*)	$16 .10^{-6}$
		20 »
		23 »
		38 »
Acide désoxyribonucléique de levure.	77-294 (*)	$18 .10^{-6}$
		25 »
		13,4 »
		25,4 »
		28,0 »
		26,2 »
		0 »
Désoxyribonucléine de levure..............	77-294 (*)	$42 .10^{-6}$
Acide ribonucléique de levure hautement polymérisé...........	77-294 (*)	$19,7.10^{-6}$
		15,7 »
		5,8 »
		7,3 »
		−7,8 »
		−8,0 »
		13,1 »
		4,9 »
Acide ribonucléique de *Escherichia coli*.....	77-294 (*)	$11,7.10^{-6}$
Chloromycétine gauche.	290 (**)	10.10^{-4}

(*) Les Δ représentent une moyenne pour l'intervalle de température indiqué.
(**) Le Δ est une moyenne des différents Δ observés à la température de 290° K.

On peut en déduire que ces substances sont caractérisées par un coefficient d'expansion thermique très faible. Comme on a établi ([4]), d'autre part, que la conductivité thermique varie comme l'inverse du produit de α et γ, c'est-à-dire de Δ, il est à présumer, en outre, qu'elles présentent, parmi les composés organiques, une conductivité thermique particulièrement élevée. Vu que la piézoélectricité semble être la condition d'activité des spectres, elles doivent être en quelque sorte piézoélectriques.

CHIMIE MINÉRALE. — *Étude d'un composé oxygéné du molybdène*. Note de MM. **André Hatterer**, **Albert Hérold** et **Claude Rérat**, transmise par M. Louis Hackspill.

Le dérivé oxygéné de formule brute MoO, obtenu à partir des composés limites potassomolybdiques MoO_3K_x ([1]), ([2]), contient du molybdène métallique [structure A_2, groupe $Im3m$, $a_0 = 3,1472$ Å ([3])] et un produit nouveau cristallisant dans le

([4]) J. S. Dugdale et D. K. C. Mac Donald, *Phys. Rev.*, 98, 1955, p. 1751.

([1]) A. Hérold et A. Hatterer, *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 479.

([2]) *Ibid.*, 239, 1954, p. 880.

([3]) H. E. Swanson et E. Tatge, *N. B. S. circular*, 539, (I), 1953, p. 20.

système cubique (structure A_{15}, groupe $Pm3n$, $a_0 = 5{,}019$ Å ± 0,002 Å). Ce dernier présente une structure identique à celle du tungstène β [4] récemment identifié comme oxyde W_3O [5].

Le traitement par l'eau des composés limites potassomolybdiques MoO_3K_x [1] permet d'obtenir un produit noir, insoluble, très réducteur, de formule brute MoO [2]. Les analyses chimiques demandaient à être complétées par une étude radiocristallographique. Pour ce faire, différents échantillons du produit ont été introduits « sous vide » ou sous atmosphère d'azote dans des tubes en verre de Lindemann de 0,4 mm de diamètre, conservés scellés.

Les tubes ont été analysés par la méthode de Debye-Scherrer en utilisant le rayonnement K_α du cuivre ($\lambda = 1{,}54050$ Å). Les distances réticulaires d (en angströms), ainsi que les intensités des réflexions correspondantes I (échelle relative), sont indiquées dans le tableau ci-dessous.

MoO.		Mo α.			W β.		
d.	I.	*d.*	I.	*hkl.*	*d.*	I.	*hkl.*
2,49	5				2,52	60	200
2,23 α	10	2,225	100	110	2,25	100	210
2,04	7				2,06	80	211
1,57 α	1	1,574	21	200			
1,445	4				1,45	40	222
1,386	5				1,40	60	320
1,337	6				1,34	80	321
1,280 α	4	1,285	39	211			
1,253	5				1,26	60	400
1,122	5				1,13	60	420
		1,1127	11	220			
1,094	6				1,10	70	421
1,070	5				1,07	60	332
0,995 α	1	0,9952	17	310			
0,931	7				0,93	80	432
0,915	7				0,92	70	521
		0,9085	7	222			
0,886	7				0,89	80	440
0,836 α	6	0,8411	26	321	0,84	60	600
0,825	5				0,83	60	610
0,814	8				0,82	60	532

Les distances marquées d'un « α » sont celles du molybdène métallique α, cubique centré [3].

Le reste du diagramme est celui d'une substance appartenant au système cubique. L'arête de la maille a pour longueur $a_0 = 5{,}019$ Å ± 0,002 Å. Le

[4] Fiche A. S. T. M., n° 2-1138 : HARTMANN, EBERT et BRETSCHNEIDER, *Z. anorg. chem.*, **198**, 1931, p. 127.

[5] G. HÄGG et N. SCHÖNBERG, *Acta Cryst.*, 7, (4), 1954, p. 351.

réseau est simple. La structure est du type A_{15} : ce sont les réflexions que l'on observe pour le tungstène β (4).

L'existence de cette nouvelle forme du molybdène complète donc le parallélisme qui existe entre molybdène et tungstène : ces deux métaux cristallisent sous forme α, cubique centrée, de structure A_2[Mo (3) : $a_0 = 3{,}1472$ Å; W(6): $a_0 = 3{,}1648$ Å], et sous forme β, cubique simple, de structure A_{15} [Mo : $a_0 = 5{,}019$ Å; W (4) : $a_0 = 5{,}04$ Å].

Or d'après des travaux récents (5), la forme β du tungstène doit être considérée comme une solution solide d'oxygène dans le métal, de formule probable W_3O. Par analogie on pourrait attribuer au molybdène β la formule Mo_3O. Cependant, selon N. Schönberg (7), ce sous-oxyde existerait également sous forme cubique à faces centrées, avec $a_0 = 5{,}549$ Å. D'autre part les analyses chimiques (2) effectuées sur le mélange étudié de Mo α et de Mo β lui assignent une composition voisine de celle du monoxyde MoO, et comprise entre $MoO_{0,97}$ et $MoO_{0,93}$

L'interprétation la plus simple et la plus probable de ces résultats nous paraît être la suivante : le métal constituant la phase α contenue en faible proportion dans le mélange proviendrait d'une réduction parasite de l'anhydride molybdique par le potassium; la phase β contenue en forte proportion, serait constituée par du monoxyde de molybdène.

A l'appui de cette hypothèse, il convient de noter l'observation suivante : plus la réaction initiale entre le potassium et l'anhydride molybdique est brutale, plus sont élevées à la fois la teneur en métal alcalin des composés limites formés, et la teneur en molybdène métallique des mélanges insolubles des phases α et β provenant de leur traitement par l'eau.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur le chloro-1 amino-4 butyne-2* (1).
Note (*) de Mme **Andrée Marszak-Fleury**, présentée par M. Marcel Delépine.

Il a été constaté que le dichloro-1.4 butyne-2 se combine, en solution chloroformique, avec une seule molécule d'hexaméthylène tétramine. Par décomposition de cette combinaison, on a obtenu le chlorhydrate de chloro-1 amino-4 butyne-2. Quelques réactions de ce composé sont décrites.

Dans une Note précédente, nous avons montré comment on pouvait préparer la propargylamine à partir de l'alcool propargylique, par l'intermédiaire du

(6) H. E. Swanson et E. Tatge, *N. B. S. circular*, 339, (I), 1953, p. 28.

(7) *Acta Chem. Scand.*, 8, 1954, p. 617.

(*) Séance du 12 septembre 1955.

(1) Document retiré du pli cacheté n° 13 090 déposé le 4 mai 1953 ouvert à la demande de l'auteur le 22 août 1955.

benzène sulfonate de ce dernier, en appliquant la réaction de Delépine, c'est-à-dire en décomposant, dans certaines conditions, la combinaison benzène-sulfonate de propargyle-hexaméthylène tétramine. Notons que la même réaction peut être effectuée avec le chlorure de propargyle, mais alors les rendements sont moins intéressants car le benzène sulfonate de propargyle s'obtient aisément et de façon presque quantitative à partir de l'alcool propargylique tandis que la préparation du chlorure de propargyle est plus délicate.

Il nous paraissait intéressant d'étudier les possibilités d'application de la réaction de Delépine à un composé acétylénique contenant deux fonctions susceptibles de réagir avec l'hexaméthylène tétramine et, à cette fin, nous avons effectué des essais avec le dichloro-1.4 butyne-2 que l'on obtient facilement à partir du butyne-2 diol-1.4.

Lorsque nous avons voulu préparer le composé d'addition dichloro butyne-hexaméthylène tétramine dans le chloroforme, nous avons remarqué qu'en employant une ou deux molécules d'hexaméthylène tétramine pour une molécule de dichlorobutyne, le produit cristallisé (F 218°) obtenu, était le même et de composition $ClCH_2.C{\equiv}C.CH_2Cl$, $C_6H_{12}N_4$ (pour $C_{10}H_{16}N_4Cl_2$, calculé %, N 21,29; Cl 26,95; trouvé %, N 21,0; Cl 27,2), un seul des groupes chlorés intervenant.

Nous avons effectué la décomposition de cette combinaison par l'acide chlorhydrique hydroalcoolique (conditions habituelles de Delépine) et, après avoir séparé par filtration la majeure partie du chlorure d'ammonium formé, nous avons évaporé à sec, sous vide, le mélange réactionnel. Ce dernier a été épuisé par l'alcool absolu pour séparer le restant de chlorure d'ammonium dont il est d'ailleurs difficile de se débarrasser complètement. Après avoir ajouté de l'éther, on obtient le chlorhydrate de chloro-1 amino-4 butyne-2 $ClCH_2.C{\equiv}C.CH_2.NH_2$, ClH (F vers 200° avec décomposition) avec un rendement de l'ordre de 50 % (pour C_4H_7NCl, calculé %, Cl 50,66; trouvé %, Cl 51,1).

Nous n'avons pas cherché à isoler la base libre : $ClCH_2.C{\equiv}C.CH_2.NH_2$ qui est *a priori* instable, mais par actions d'anhydride acétique et d'acétate de sodium sur le chlorhydrate de la base en solution aqueuse, nous avons obtenu, avec un rendement satisfaisant le chloro-1 acétamino-4 butyne-2 : $ClCH_2.C{\equiv}C.CH_2.NH.COCH_3$ (F 56°) (pour C_6H_8ONCl, calculé %, N 9,7; Cl 24,37; trouvé %, N 10,20; Cl 24,65).

Ce dernier composé, par action de triméthylamine a fourni le chlorure de triméthyl ammonium-1 acétamino-4 butyne-2 :



$$Cl(CH_3)_3N.CH_2.C{\equiv}C.CH_2.NH.CO\,CH_3$$

F 191° (pour $C_9H_{17}ON_2Cl$, calculé %, Cl 17,34; trouvé %, 17,04).

Il nous paraît que le chlorhydrate de chloro-1 amino-4 butyne-2 est,

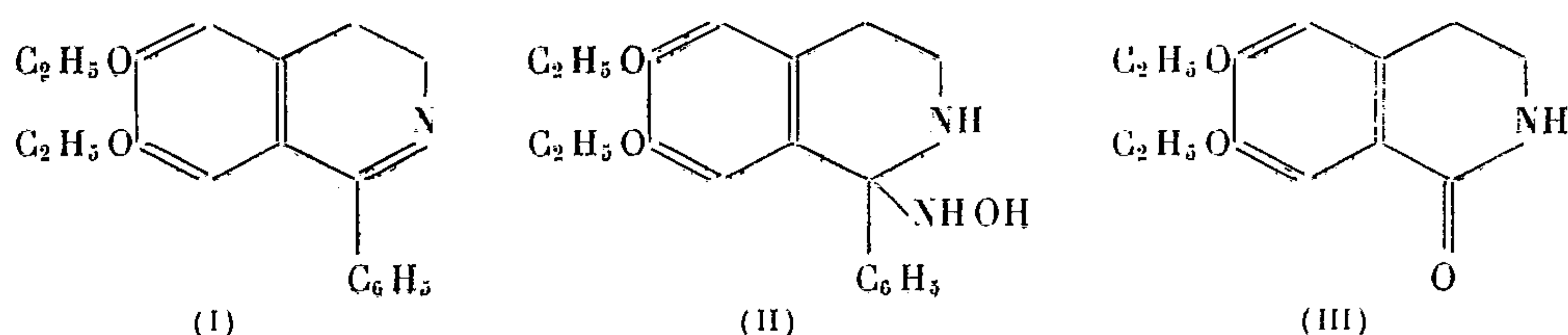
en raison de la présence de trois fonctions différentes sur la même molécule, une matière première particulièrement intéressante pour diverses synthèses.

Cette étude est poursuivie.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur un cas particulier de transposition de Beckmann par l'acide phosphorique dans la série isoquinoléique.* Note de MM. **Jean Gardent** et **Victor Harlay**, présentée par M. Marcel Delépine.

La pseudo-oxime résultant de l'addition de l'hydroxylamine sur la double liaison de la phényl-1 diéthoxy-6.7 dihydro-3.4 isoquinoléine subit dans l'acide phosphorique concentré une transformation analogue à la transposition de Beckmann; celle-ci conduit à la formation d'un dihydroisocarbostyryle et d'aniline.

L'un de nous[1] a montré que la phényl-1 diéthoxy-6.7 dihydro-3.4 isoquinoléine (I) était susceptible de fixer l'hydroxylamine sur sa double liaison en 1.2 pour donner une pseudo-oxime (II). L'acide phosphorique concentré, dont nous avons déjà souligné le rôle comme agent de transposition de Beckmann[1], provoque une transposition analogue de cette pseudo-oxime. Celle-ci s'accompagne d'une coupure de la molécule. On obtient ainsi le diéthoxy-6.7 dihydro-3.4 isocarbostyryle (III) et de l'aniline.



Les opérations ont été conduites comme suit. La pseudo-oxime est chauffée durant 1 h 30 mn au bain-marie bouillant dans un acide phosphorique concentré (celui-ci est préparé par addition de 39,50 g de P_2O_5 à 100 g d'acide phosphorique à 85 %, suivie d'ébullition à reflux pendant 2 h). Après dilution aqueuse, la solution, présentant une franche coloration jaune, est alcalinisée par l'ammoniaque et épuisée à l'éther. L'éther évaporé laisse un résidu essentiellement constitué de phényl-1 diéthoxy-6.7 dihydroisoquinoléine accompagnée d'une très faible quantité de son dérivé monodéséthoxylé.

Celui-ci, F 190°, se présente en cristaux jaune citron pâle solubles dans la soude diluée, insolubles dans l'ammoniaque diluée à laquelle ils communiquent cependant une coloration jaune, solubles dans les solvants organiques. Il donne un chlorhydrate jaune soluble dans l'eau, donnant une coloration

(1) J. Gardent, *Thèse de doctorat ès sciences*, Paris, Masson, 1955; *Ann. de Chim.*, 10, 1955, p. 413.

verdâtre avec le perchlorure de fer. (Cl %, trouvé 11,78; calculé 11,67). Ce dérivé monodéséthoxylé peut être reproduit par simple chauffage de la phényl-1 diéthoxy-6.7 dihydroisoquinoléine, dans l'acide phosphorique, la quantité formée étant d'autant plus importante que la température est plus élevée (120-140°).

La solution ammoniacale épuisée à l'éther est additionnée de potasse. Les bases formées dans la réaction sont extraites à trois reprises par le chloroforme. Après distillation de celui-ci, on entraîne par la vapeur d'eau l'aniline aisément caractérisable par la réaction de la mauvéine et la formation de son dérivé benzoylé F 163°. Le résidu de l'entraînement à la vapeur, purifié par l'intermédiaire de son chlorhydrate, a pu être identifié au diéthoxy-6.7 dihydroisocarbostyryle. L'identification a été réalisée par comparaison avec le produit obtenu par action de P_2O_5 sur le diéthoxy-3.4 phénéthylamine et le chloroformiate d'éthyle suivant une méthode utilisée par Späth ([2]) pour la synthèse de la corydaldine, homologue méthoxylé du produit que nous décrivons.

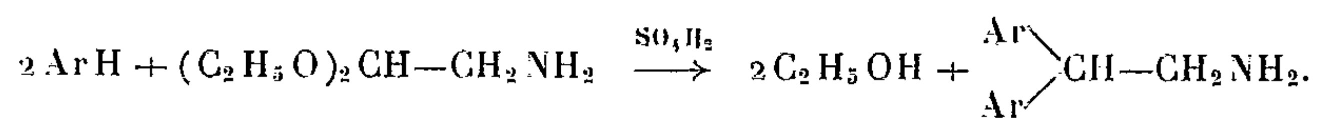
Le diéthoxy-6.7 dihydroisocarbostyryle se présente en cristaux blancs F 135°, de solubilité notable dans l'eau, peu solubles dans l'éther, solubles dans l'alcool et le chloroforme. (N %, trouvé 5,91 ; calculé 5,96). Son chlorhydrate de F peu net (165-170°) est peu soluble dans l'eau et l'acétone, soluble dans l'alcool (Cl % 13,12; calculé 13,05).

CHIMIE ORGANIQUE. — *Condensation de l'aminoacétal diéthylique et de ses dérivés N-acylés sur l'anisole et le vératrole.* Note de MM. **Raymond Quelet**, **Mehdi Mansouri** et **Robert Pineau**, présentée par M. Marcel Delépine.

Par condensation de l'aminoacétal diéthylique avec l'anisole et le vératrole, les auteurs ont obtenu le bis-α.α-(méthoxy-4 phényl) β-aminoéthane et le bis-α.α-(diméthoxy-3.4 phényl) β-aminoéthane.

Les amides correspondants s'obtiennent directement en remplaçant l'aminoacétal par ses dérivés N-acylés.

L'aminoacétal diéthylique se condense sur le noyau des éthers-oxydes phénoliques et de certains carbures aromatiques, sous l'action de l'acide sulfurique et en milieu acétique, suivant la réaction observée avec les acétals simples :



$$2\,ArH + (C_2H_5O)_2CH-CH_2NH_2 \xrightarrow{SO_4H_2} 2\,C_2H_5OH + (Ar)_2CH-CH_2NH_2.$$

On réalise, ainsi, la synthèse des gem-diaryl β-éthylamines qui, jusqu'alors, constituaient un groupe de composés assez difficilement accessibles.

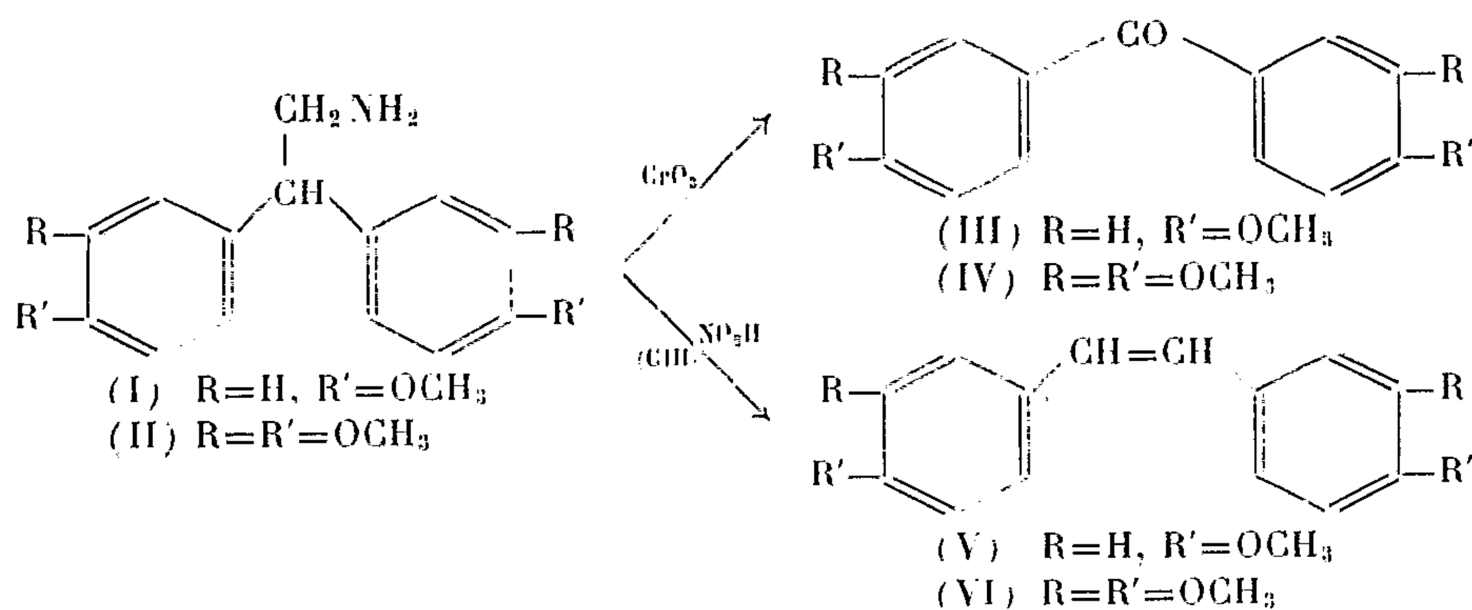
([2]) E. Späth et A. Dobrowsky, *Ber. chem. Gesells.*, 58, 1925, p. 1274.

L'anisole et le vératrole, sur lesquels ont porté nos premiers essais, donnent respectivement, avec des rendements de 70 à 80 %, le bis-α.α-(méthoxy-4 phényl) β-aminoéthane (I) et le bis-α.α-(diméthoxy-3.4 phényl) β-aminoéthane (II).

Le mode opératoire utilisé est le suivant : dans la solution acétique (acide acétique cristallisable 30 cm³, aminoacétal 1/10ᵉ de molécule, éther-oxyde phénolique 2/10ᵉ de molécule) maintenue au voisinage de 0°, on introduit lentement, en agitant, SO_4H_2 concentré (26 cm³); on abandonne ensuite le mélange pendant 24 h à une température de 10-15°, puis on verse sur la glace et neutralise à l'ammoniaque.

Partant de l'anisole, on obtient une huile incristallisable constituée par le para-para'-diméthoxy β-aminodiphényléthane (I) renfermant une faible proportion d'isomères *o*-méthoxylés. On purifie par l'intermédiaire des chlorhydrates. Avec le vératrole, l'amine formée cristallise directement.

La structure de ces produits a été confirmée par l'étude des composés obtenus par oxydation chromique et par désamination nitreuse [1]. L'amine (I) donne, ainsi, la diméthoxy-4.4' benzophénone (III) F 143° [2] et le diméthoxy-4.4' stilbène (V) F 208-210° [3]. A partir de (II), on obtient la tétraméthoxy-3.4.3'.4' benzophénone (IV) F 144-145° [4] et le tétraméthoxy-3.4.3'.4' stilbène (VI) F 155° [5].



Dans la condensation initiale, l'aminoacétal diéthylique peut être avantageusement remplacé par ses dérivés N-acylés. C'est ainsi qu'en utilisant un mode opératoire analogue à celui qui est indiqué plus haut, nous avons obtenu directement, avec des rendements variant de 70 à 90 %, les dérivés N-acétylés et N-benzoylés des amines (I) et (II).

(1) JEANNE LÉVY et P. GALLAIS, *Bull. Soc. Chim.*, 43, 1928, p. 862.
(2) SHNACKENBERG et SCHALL, *Ber. dtsch. chem. Ges.*, 36, 1903, p. 654.
(3) HÖRING et GRÄLERT, *Ber. dtsch. chem. Ges.*, 42, 1909, p. 1205.
(4) PERKIN et WEIZMANN, *J. Chem. Soc.*, 91, 1892, p. 759.
(5) FENERSTEIN, *Ber. dtsch. chem. Ges.*, 34, 1901, p. 416.

D'une façon analogue, le phtalimidoacétal diéthylique et le phtalimido-éthanal se prêtent à la condensation envisagée en donnant les alcoxydiphényl phtalimidoéthanes attendus qui, par action de l'hydrazine, fournissent les amines (I) et (II).

PRODUITS PRÉPARÉS. — *Bis-α.α-(méthoxy-4 phényl) β-aminoéthane* (I) $C_{16}H_{19}O_2N$ F 48-50° ([6]); *chlorhydrate* F 190°; analyse du chlorhydrate : $C_{16}H_{20}O_2NCl$, calculé %, C 65,41; H 6,81; N 4,77; Cl 12,09; trouvé %, C 65,3; H 6,63; N 4,9; Cl 12,01; *dérivé N-acétylé* $C_{18}H_{21}O_3N$, F 117-118°; *dérivé N-benzoylé* $C_{23}H_{23}O_3N$, F 140-141°; *dérivé N-phtalylé* $C_{24}H_{21}O_4N$, F 155°.

Bis-α.α-(diméthoxy-3.4 phényl) β-aminoéthane (II) $C_{18}H_{23}O_4N$, F 45°; *chlorhydrate* F 200° : analyse du chlorhydrate : $C_{18}H_{24}O_4NCl$, calculé %, C 61,1; H 6,79; N 3,96; Cl 10,04; trouvé %, C 60,0; H 6,95; N 4,0; Cl 10,09; *dérivé N-acétylé* $C_{20}H_{25}O_5N$, F 127°; *dérivé N-benzoylé* $C_{25}H_{27}O_5N$, F 151°; *dérivé phtalylé* $C_{26}H_{25}O_6N$, F 132°-133°.

CRISTALLOGRAPHIE. — *Structure des vanadite* ([1]), *chromite et ferrite monocalciques*. Note de MM. **Félix Bertaut**, **Pierre Blum** et **Giorgio Magnano**, présentée par M. Charles Mauguin.

Dans cette Note nous décrivons la structure de V_2O_3, CaO et plus généralement celle des corps A_2O_3, CaO (A = V, Cr, Fe) isomorphes. La maille de V_2O_3, CaO est orthorhombique avec $a = 10{,}66$ Å, $b = 9{,}20$ Å, $c = 3{,}01$ Å. Les axes ont été choisis de façon à permettre la comparaison avec la structure apparentée mais non isomorphe de Ti_2O_3, CaO, ($a = 9{,}727$, $b = 9{,}976$, $c = 3{,}136$, groupe D_{2h}^{17}-B*bmm*) décrite antérieurement ([2]), ([3]).

Les extinctions — ($h0l$) n'existe qu'avec $h+l$ pair, ($0kl$) n'existe qu'avec k pair — sont caractéristiques du groupe D_{2h}^{16}-P*bnm*. La nature centrosymétrique a été confirmée par l'évaluation de $\overline{E^4}$ où E est le facteur de structure normalisé ([4]). Les diagrammes des couches à l pair sont identiques. Il en est de même pour les couches à l impair. Les atomes se trouvent donc tous dans des plans de symétrie (positions $4c$ des tables internationales) et l'étude des réflexions ($hk0$) et ($hk1$) est suffisante. Un certain nombre de signes des

([6]) NEHER et BLICKENSTOFF, *Ind. Eng. Chem.*, 43, 1951, p. 2875.

([1]) Préparé par H. BOZON, *Thèse*, Grenoble, 1950.

([2]) BERTAUT et BLUM, *Acta Crystallographica* (sous presse).

([3]) A. BURDESE indique (avec notre disposition des axes) $a = 10{,}58$ Å, $b = 9{,}03$ Å, $c = 2{,}96$ Å pour Cr_2O_3, CaO (*La Ricerca Scientifica*, 22, 1952, p. 259) et $a = 10{,}60$ Å, $b = 9{,}16$ Å, $c = 3{,}01$ Å pour Fe_2O_3, CaO (*Atti della Accademia della Science di Torino*, 86, 1952).

([4]) $\overline{E^4} = 3$ pour un groupe centrosymétrique et $\overline{E^4} = 2$ pour un groupe sans centre de symétrie. [F. BERTAUT, *Acta Crystallographica*, (sous presse)].

réflexions à h pair est obtenu par la méthode statistique ([5]) (et aussi par celle des inégalités). Des séries de Fourier partielles permettent de fixer approximativement les positions des atomes lourds, tandis que les positions des atomes d'oxygène ne sont pas résolues. Les réflexions ($hk0$) faibles, à h impair, sont

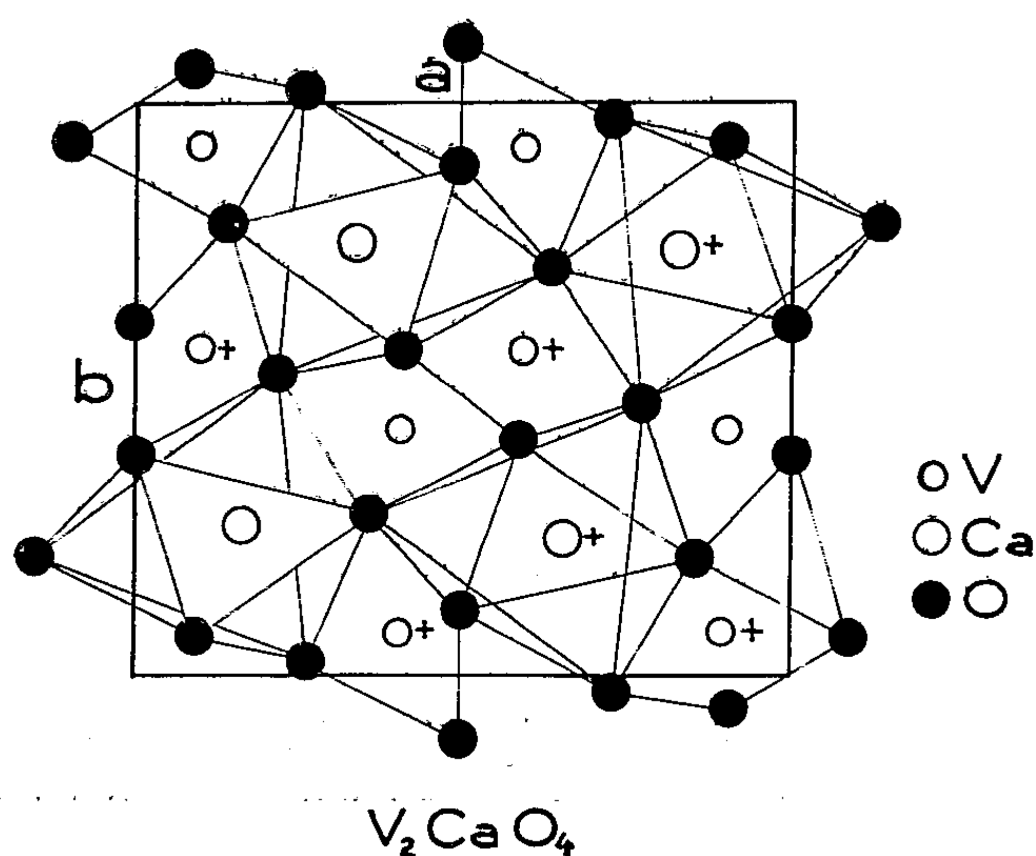


Fig. 1.

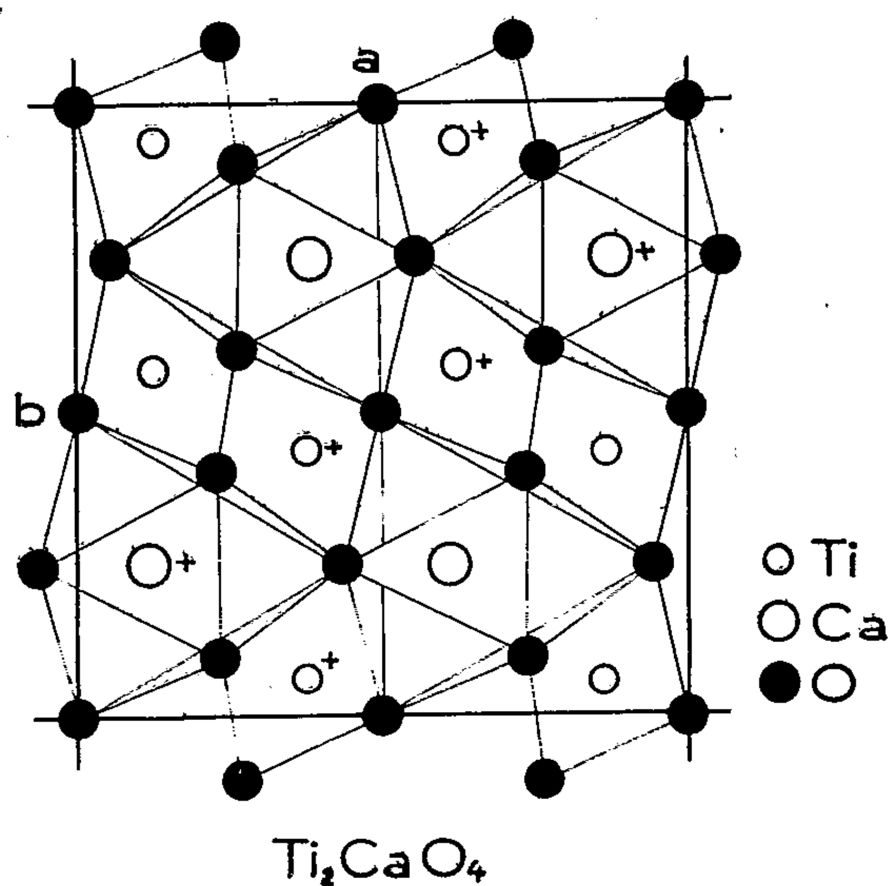


Fig. 2.

dues principalement aux positions des atomes d'oxygène (et éventuellement à de légères déviations des positions adoptées pour les atomes lourds).

Une autre difficulté vient de ce que la chaîne des atomes lourds A(= V, Cr, Fe) (cf. *fig.*) possède deux centres de symétrie dont un seul coïncide avec un

---

([5]) F. Bertaut, *Comptes rendus*, 240, 1955, p. 152, 272 et 938 et *Acta Cryst.* (sous presse).

centre de symétrie du groupe. Le choix entre deux centres de symétrie, constituant des origines possibles, affecte un certain nombre de facteurs de structure d'une incertitude sur leur signe qui a pu être levée grâce à la méthode statistique (5).

On a retranché ensuite des facteurs de structure la contribution due aux atomes lourds A et l'on a renormalisé l'ensemble des facteurs de structure. On rehausse ainsi considérablement les intensités des réflexions faibles dues aux atomes d'oxygène de sorte qu'on peut déterminer leurs signes par la méthode statistique (et éventuellement par la méthode des inégalités, en passant des facteurs de structure normalisés E aux facteurs unitaires U). La construction de la série de Fourier partielle $\sum F(hk1)\cos 2\pi(hx+ky+1/4)$ a été trouvée avantageuse. Physiquement, elle représente la différence des densités électroniques dans les plans $z=1/4$ et $z=3/4$ de sorte qu'avec le photosommateur de G. von Eller[6] les atomes du plan $z=1/4$ sont en noir, ceux du plan $z=3/4$ paraissant en blanc.

La structure de V_2O_3, CaO est représentée dans la figure 1. Elle possède une parenté étroite avec celle du titanite de Ca (*fig.* 2). Dans les deux cas, les atomes lourds de transition ont une coordination octaédrique et l'atome Ca est à l'intérieur d'un polyèdre formé par neuf atomes d'oxygène dont six sont aux sommets d'un prisme droit à base triangle, centré sur Ca et trois autres aux sommets d'un triangle centré sur Ca. La différence fondamentale entre les structures réside dans le fait que dans l'unité asymétrique les atomes lourds A (= V, Cr, Fe) se trouvent dans des plans différents alors que dans le titanite les atomes de Ti sont dans le même plan.

Les paramètres de première approximation sont pour V_I ($x=0{,}105$; $y=0{,}072$), V_{II} ($x=-0{,}105$; $y=-0{,}428$), Ca ($x=0{,}346$; $y=0{,}241$), O_I ($x=-0{,}145$; $y=-0{,}209$), O_{II} ($x=0{,}00$; $y=0{,}383$), O_{III} ($x=0{,}225$; $y=0{,}470$), O_{IV} ($x=-0{,}413$; $y=-0{,}437$), z est partout 1/4 dans les positions $4c$ du groupe D_{2h}^{16}-P*bnm*.

Un Mémoire plus détaillé, précisant les paramètres et les amplitudes de vibration thermique, illustrant et comparant l'efficacité des méthodes statistiques et des inégalités paraîtra ailleurs.

GÉOPHYSIQUE. — *Contribution à l'étude de l'effet du géomagnétisme sur la couche* F_1. Note (*) de M. **Rudolf Eyfrig**, transmise par M. Jean Cabannes.

La dépression de f_0 F_1 sur l'équateur magnétique signalée par Ghosh a été confirmée. Par contre les facteurs (M 3000) F_1 et F_1-3000-MUF présentent un maximum net à l'équateur magnétique. La hauteur apparente de la couche F_1 (h' F_1) est minimum à l'équateur magnétique.

(6) *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 1122 et *Bull. Soc. Fr. Min.*, **78**, 1955, p. 157.

(*) Séance du 25 juillet 1955.

Nous avons essayé de corroborer les résultats de Mme M. Ghosh ([1]) qui croit avoir constaté un minimum de l'ionisation de la couche F_1 sur l'équateur géomagnétique. Nous nous sommes limité aux heures entourant midi (11 à 13 h TLM).

1. *Observations japonaises en* 1943 *et* 1944. — La situation exceptionnelle de la station de Palau (inclinaison 0°) dont les observations conduisirent déjà à d'autres résultats fort intéressants ([2]), ([3]), ([4]) nous a permis de suivre très nettement l'évolution de la fréquence critique $f_0\ F_1$ dans la zone équatoriale. Malgré les lacunes que présentent les observations japonaises, quatre mois d'observations de l'année 1943 suffisent pour mettre en évidence l'effet annoncé par Ghosh. Le tableau I contient les mesures simultanées de la $f_0\ F_1$ pour quatre stations.

TABLEAU I (1943).

Station.	φ.	I.	Juin.	Juillet.	Août.	Septembre.
Rangoun	16°8 N	18°5 N	(4,9)	4,83	4,90	4,87
Palau	7°3 N	0°0	4,40	4,30	4,30	4,30
Singapour	1°4 N	17°0 S	4,57	4,40	4,53	4,57
Bandœng	6°9 S	32°5 S	4,50	4,73	4,57	4,60

Comme certaines de ces stations ne fournissent les résultats que pour la composante extraordinaire, nous l'avons transposé ($f_x - f_o = 0{,}4$ MHz). Un minimum apparaît très nettement à Palau, sur l'équateur magnétique.

La zone où la couche F_1 est influencée, est très étroite, plus étroite en tous cas que celle de la couche F_2.

Le tableau II met en évidence le même effet pour trois mois de l'année 1944.

TABLEAU II (1944).

Station.	φ.	I.	Mars.	Avril.	Mai.
Manille	14°6 N	16°0 N	–	–	4,53
Palau	7°3 N	0°0	4,27	4,20	4,20
Penang	5°5 N	11°0 S	4,73	4,40	4,37
Singapour	1°4 N	17°0 S	4,73	4,63	4,70
Macassar	5°2 S	28°0 S	4,53	4,50	4,57

2. *Observations récentes.* — Le tableau III présente pour midi en fonction de l'inclinaison les valeurs de $f_0 F_1$ de 1954 pour six stations équatoriales. Une dépression existe à l'équateur magnétique la symétrie par rapport à ce dernier nous semble également certaine.

([1]) *J. Geophys. Research*, 60, 1955, p. 115.
([2]) Sir E. APPLETON, *Sc.*, 106, 2947, p. 17.
([3]) R. EYFRIG, *Naturwissenschaften*, 37, 1950, p. 67.
([4]) *Report on Japonese Research on Radio Wave Propagation* (Tokyo, 1946).

TABLEAU III.

Station.	φ.	J.	f_0F_1 (MHz).	$h'F_1$ (km).	(M 3 000)F_1 (MHz).	F_1-3 000-MUF (MHz).
			Médianes de l'année 1954.			
Binza	4° 2 S	34° S	4,27	205	–	–
Singapour ...	1 4 N	17 S	4,385	202	–	–
Huancayo....	12 0 S	2 5 N	4,30	195	4,10	17,6
Djibouti.....	11 5 N	7 0 N	4,42	200	3,93₅ (Djibouti et Nha-Trang)	17,3 (Djibouti et Nha-Trang)
Nha-Trang...	12 2 N	7 5 N	4,40	198_5		
Dakar.......	16 6 N	23 5 N	4,40	213_5	$3,86_5$	17,2

3. *Observations supplémentaires concernant la couche* F_1. — La constatation ci-dessus nous a poussé à l'examen des autres caractéristiques de la couche F_1; ainsi nous avons passé en revue (M 3 000) F_1, F_1-3 000-MuF et $h'F_1$ ($h'F$) pour les stations de Huancayo, Nha-Trang, Djibouti et Dakar (tableau III).

Les hauteurs virtuelles ($h'F_1$) de la couche F_1 présentent une diminution très nette d'au moins 10 km. D'autre part l'effet magnétique devient très apparent pour la F_1-3 000-MUF ou encore (M 3 000) F_1; ces deux grandeurs dénotent une nette croissance à l'équateur de 2 et 7 %. Aucun doute d'ailleurs n'est possible sur cet effet magnétique lorsque l'on essaye la représentation des phénomènes en coordonnées magnétiques et géographiques. Ces dernières ne permettent pas de conclusion.

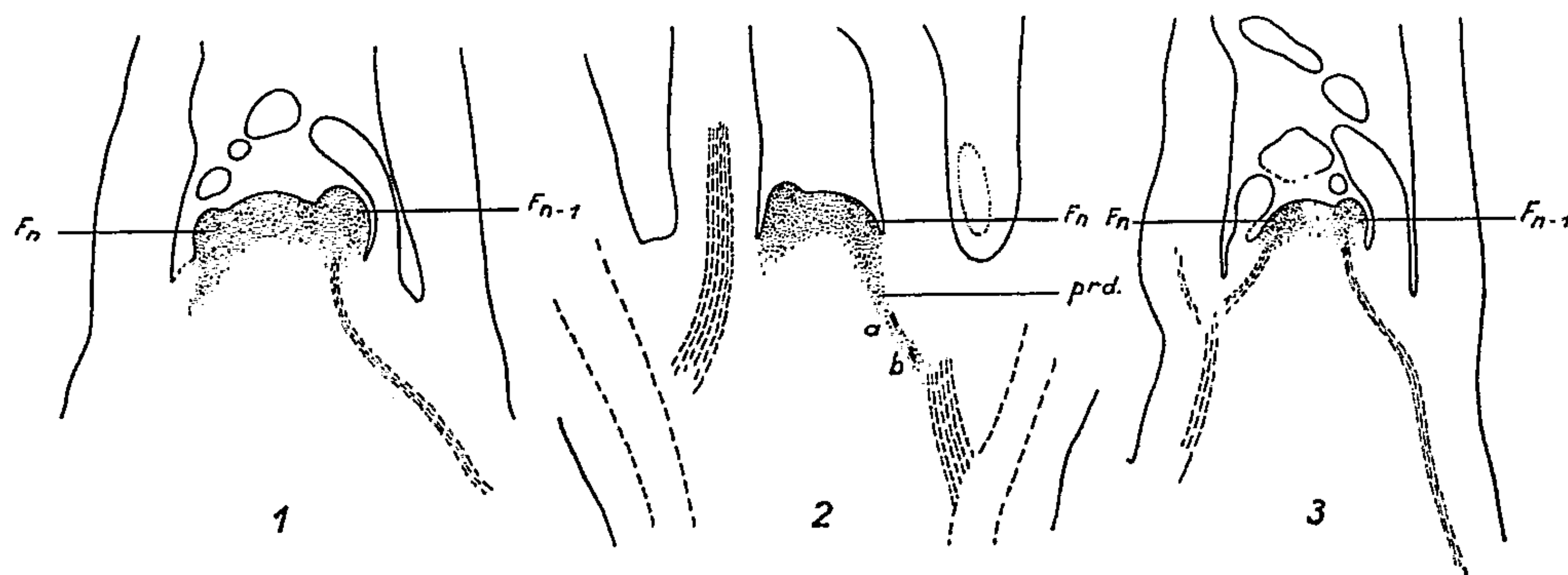
BOTANIQUE. — *Sur la différenciation des cordons procambiaux dans la tige feuillée des Papavéracées*. Note de M. **Gaston Bersillon**, présentée par M. Roger Heim.

Chez les Papavéracées, la différenciation d'un cordon procambial débute généralement après la formation du primordium foliaire correspondant; toutefois cette différenciation peut aussi être synchrone, voire antérieure à la poussée du primordium. Le point de départ de cette différenciation ne paraît pas localisé dans l'espace, mais assez diffus. La différenciation d'un tel cordon est très rapide et semble se dérouler dans la durée d'un plastochrone.

Les ébauches foliaires groupées autour de l'apex sont desservies chacune par un ou plusieurs cordons procambiaux qui se prolongent très loin vers le bas à l'intérieur de la tige (*fig.* 1 et 3). Chaque cordon est formé de cellules étroites et allongées disposées bout à bout en files régulières; dans les différentes files, les cellules sont étagées à des niveaux concordants, ce qui prouve que toutes les files se différencient par des cloisonnements tangentiels à partir de quelques files primitives.

Apparition du procambium. — A considérer la longueur du cordon procambial

qui dessert l'ébauche de l'avant-dernière feuille F_{n-1} (*fig.* 2), on est tenté de penser que la différenciation d'un tel cordon débute en un point précis, que j'appellerai foyer de différenciation. Le phénomène se propagerait ensuite verticalement comme pour tracer progressivement le cordon dans toute sa longueur. Il faut dès lors repérer le foyer de différenciation du cordon et le situer par rapport au primordium de la feuille correspondante. D'autre part, il faut préciser si la formation de ce foyer est antérieure, synchrone ou postérieure à l'apparition du primordium foliaire auquel le cordon est destiné.



Sommet de la tige feuillée chez quelques Papavéracées : coupes longitudinales : 1, *Eschscholtzia californica* Cham.; 2, *Argemone mexicana* L.; 3, *Hunnemannia fumariæfolia* Sweet. En blanc, les parenchymes; en pointillé, les méristèmes; en tirets, les cordons procambiaux. Sur la figure 1, les tirets tracés en *a* et *b* précisent la position des premiers cloisonnements tangentiels caractéristiques du procambium.

Au sommet d'une tige d'*Argemone mexicana* L. (*fig.* 2), l'initium foliaire F_n est prolongé vers le bas par une bande de prodesmogène (prd.) comprise entre la moelle et le parenchyme cortical. En deux points distincts de cette bande (*a* et *b*), on observe des cloisonnements tangentiels qui ont engendré des cellules allongées, premiers éléments du cordon procambial. Le foyer de différenciation n'est donc pas étroitement localisé. Des observations analogues, réalisées en particulier sur *Romneya Coulteri* Harv. m'induisent à penser que le foyer de différenciation du procambium est généralement diffus : les premiers cloisonnements caractéristiques sont le plus souvent épars au sein du prodesmogène.

Dans la tige d'*Argemone mexicana* L. décrite ici (*fig.* 1), l'apparition du procambium est synchrone de l'initiation foliaire; vraisemblablement la différenciation du procambium et la poussée du primordium seront simultanées. Mais il n'en est pas toujours ainsi. Telle tige d'*Eschscholtzia californica* Cham. (*fig.* 1) porte à son extrémité un primordium foliaire F_n entièrement dépourvu de procambium. Inversement, dans une tige d'*Hunnemannia fumariæfolia* Sweet. (*fig.* 3), la feuille F_n est à peine à l'état d'initium et déjà

un cordon procambial court, mais continu et parfaitement caractérisé, est différencié à destination de cette feuille. Ainsi les trois cas théoriquement possibles sont effectivement réalisés : si la différenciation du cordon procambial est généralement postérieure à la formation du primordium foliaire correspondant (*Romneya*, *Eschscholtzia*, etc.), elle peut également être synchrone (*Argemone*) ou antérieure (*Hunnemannia*) à la poussée de ce primordium. Il n'est nullement assuré, d'autre part, que le déphasage entre la différenciation du procambium et la formation du primordium foliaire soit un caractère spécifique, c'est-à-dire qu'il soit toujours le même pour tous les individus d'une espèce donnée.

Enfin, quelle que soit la précocité de l'apparition du procambium, je n'ai jamais observé — contrairement aux assertions de Priestley — aucun cordon procambial différencié à destination de la deuxième feuille à naître, c'est-à-dire un déphasage d'un plastochrone entier au moins entre le cordon procambial et la formation de feuille qu'il dessert.

Sens de la différenciation. — La différenciation du cordon procambial est-elle acropète ou basipète? Selon certains auteurs (Esau, par exemple), le foyer de différenciation se situe au contact immédiat d'un cordon préexistant et la différenciation progresse vers le haut en direction du primordium foliaire. D'autres, au contraire, comme Ball (1950), soutiennent que le foyer se forme à la base même du primordium foliaire; la différenciation se propage ensuite vers le bas et le nouveau cordon vient enfin se raccorder à un cordon préexistant.

Les avis sont donc contradictoires et, à mon sens, les interprétations pèchent par excès de rigueur.

En effet, j'ai observé que le foyer de différenciation était diffus et, de ce fait, difficile à situer avec précision; la progression de la différenciation peut elle-même être discontinue. D'autre part, la différenciation d'un cordon procambial est un phénomène d'une grande rapidité.

Dans la plupart des cas, comme chez *Eschscholtzia californica* Cham. (*fig.* 2), le primordium de la dernière feuille formée F_n est dépourvu de procambium, alors que, d'une manière constante, l'ébauche de l'avant-dernière feuille F_{n-1} est desservie par un cordon différencié sur toute sa hauteur. Donc, lorsqu'un nouveau primordium F_{n+1} se sera formé, l'actuel primordium F_n, devenu à son tour une ébauche, possédera un cordon procambial complètement différencié.

La différenciation d'un cordon procambial se déroule donc entièrement dans l'espace d'un plastochrone. Aussi est-il très difficile de suivre la progression du phénomène et d'*observer réellement* dans quel sens se différencie le cordon procambial.

BIOCHIMIE VÉGÉTALE. — *Identification du lycopène dans le réceptacle fructifère du gastéromycète* Anthurus aseroiformis. Note de M. **Gilbert Turian**, présentée par M. Roger Heim.

Dès 1946, Mme Panca Heim (1) faisait connaître les résultats de ses recherches sur la localisation intraplastidaire de caroténoïdes cristallisés chez divers Champignons. Cette cytologiste a pu, en particulier, observer ces pigments chez un certain nombre de Gastéromycètes, parmi lesquels *Mutinus caninus* et *Lysurus hexagonus*. Plus récemment, Roger Heim (2) a retrouvé de tels caroténoïdes cristallisés dans les cellules d'une Clavaire cantharelloïde australienne.

Ces beaux travaux nous sont immédiatement revenus en mémoire à la vue de quelques exemplaires d'une curieuse Clathracée, l'*Anthurus aseroiformis* Mc Alp., récoltés par W. Bally, le 10 septembre 1955, aux environs de Samoëns (Haute-Savoie). L'examen microscopique d'un fragment du réceptacle rouge vif de l'*Anthurus* nous a permis d'observer dans le cytoplasme de ses cellules de nombreux cristaux rouges, comparables à ceux déjà décrits par M. et Mme Heim dans les chromoplastes d'autres Basidiomycètes. Le bleuissement caractéristique de ces cristaux en présence de l'acide sulfurique concentré attestant leur nature polyénique, il était dès lors intéressant de tenter l'identification chimique précise de ces cristaux, en appliquant les méthodes usuelles d'extraction et de caractérisation des caroténoïdes [*voir* Turian et Haxo, 1954 (3)].

Nous avons prélevé des fragments du réceptacle au niveau de sa portion étoilée, rouge vif, et les avons soumis à une extraction acétonique répétée jusqu'à décoloration presque complète (teinte résiduelle rouge pâle). Après passage dans l'éther de pétrole, la solution pigmentaire a été saponifiée une nuit en phase homogène éther de pétrole-éthanol absolu alcalinisé (KOH). L'addition d'un peu d'eau a permis de capter la totalité du pigment dans l'éther de pétrole (donc pas de caroténoïdes acides). Cette solution éthéropétrolique du pigment (épiphasique vis-à-vis du méthanol 90 %) a été lavée à l'eau et réduite à un petit volume pour être chromatographiée à travers une colonne d'alumine en poudre (colonne : 16 × 1 cm). Le développement de cette colonne avec l'éther de pétrole provoque le lent déplacement d'une bande principale rouge brique. L'addition de 2 % d'acétone à l'éther de pétrole active le passage dans le filtrat de cette bande principale et provoque la migration d'une étroite bande secondaire rouge orangé restée jusque là au sommet de la colonne.

(1) *Comptes rendus*, **222**, 1946, p. 1354; **223**, 1946, p. 1170; **226**, 1948, p. 266; *Rev. de Mycol.*, **12**, 1947, p. 104; *Le Botaniste*, sér. **34**, 1949, p. 231.

(2) *Rev. de Mycol.*, **14**, 1949, p. 113.

(3) *Bot. Gaz.*, **115**, 1954, p. 254.

Le spectre d'absorption du pigment principal a été déterminé avec le spectrophotomètre Unicam, après dilution convenable du pigment dans l'éther de pétrole : la courbe obtenue, comportant trois nets maxima à 445, 469 et 501 m μ est exactement superposable à celle du lycopène. Quant au pigment secondaire il présente les mêmes maxima mais atténués, ce qui nous incline à le considérer comme un produit d'oxydation du pigment principal, le lycopène. Enfin, la solution éthéropétrolique incolore recueillie avant l'arrivée du lycopène dans le filtrat présente une légère fluorescence verdâtre laissant soupçonner la présence de traces de phytofluène, polyène incolore.

La chromatographie mixte d'un mélange de la solution du pigment principal d'*Anthurus* avec une solution de lycopène authentique isolé d'un extrait de tomate n'a révélé qu'une seule bande rouge brique bien homogène. Ce test d'identité a donc confirmé les données de l'analyse spectrale et nous autorise par conséquent à conclure que les cristaux rouges présents dans les hyphes du réceptacle d'*Anthurus aseroiformis* sont essentiellement constitués de lycopène. De plus, la connaissance du coefficient d'absorption spécifique du lycopène [$E^{1\%}_{1\,\mathrm{cm}} = 3\,460$ à 469 mμ selon Zechmeister ([4])] nous a permis de calculer que la concentration de ce pigment, dans la portion étoilée et colorée du réceptacle, se montait à 2,3 mg pour 100 g de matière fraîche.

Rappelons en terminant que le lycopène a déjà été identifié chez les Basidiomycètes : il constitue le pigment principal des *Cantharellus lutescens* et *infundibuliformis* alors que c'est le β-carotène (4 mg pour 100 g de matière fraîche) qui tient ce rôle chez *C. cibarius* [Willstaedt ([5])] et la canthaxanthine chez *C. cinnabarinus* [Haxo ([6])]. Le lycopène se retrouve aussi chez divers Micromycètes dont *Phycomyces Blakesleeanus* [Bernhard et Albrecht ([7]), Goodwin ([8])], *Neurospora crassa* [Haxo ([9])] et *Allomyces javanicus* [Turian et Haxo ([10])].

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Sur un cyclitol nouveau, le liriodendritol, isolé des* Liriodendron (*Magnoliacées*). Note de M. **Victor Plouvier**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Le présent travail a pour but de décrire un cyclitol nouveau isolé du Tulipier de Virginie (*Liriodendro tulipifera* L.) pour lequel je propose le nom de liriodendritol.

([4]) *Chem. Rev.*, 34, 1944, p. 267.
([5]) *Svensk. Kem. Tids.*, 49, 1937, p. 318.
([6]) *Bot. Gaz.*, 112, 1950, p. 228.
([7]) *Helv. Chim. Acta*, 31, 1948, p. 2214.
([8]) *Biochem. J.*, 50, 1952, p. 550.
([9]) *Arch. Biochem.*, 20, 1949, p. 400.
([10]) *Bot. Gaz.*, 115, 1954, p. 254.

Extraction. — Les feuilles sèches de Tulipier sont broyées et épuisées par l'acétone (Soxhlet). L'extrait acétonique est repris par l'eau bouillante; la solution obtenue filtrée est soumise à la fermentation par la levure de boulanger puis déféquée au sous-acétate de plomb. L'excès de plomb étant éliminé par l'hydrogène sulfuré, le filtrat jaunâtre est concentré sous pression réduite jusqu'à consistance extractive. Un épuisement par l'alcool à 95° bouillant donne lieu sans tarder à la cristallisation du cyclitol. Rdt 1,45 % g sec, en août. Deux ou trois cristallisations dans l'alcool à 95° permettent d'obtenir une substance tout à fait pure.

Propriétés. — Prismes (ou plaques brillantes souvent triangulaires) incolores, de saveur sucrée, anhydres, solubles dans l'eau, peu solubles dans l'alcool à froid (plus solubles que le *méso*-inositol à chaud), insolubles dans l'éther, le benzène, le chloroforme. F_{inst} 224° avec sublimation au-delà sans décomposition. Pouvoir rotatoire en solution aqueuse à 2 % : $[\alpha]_D - 25°$. Composition centésimale : $C_8H_{16}O_6$, calculé %, C 46,14; H 7,74; trouvé %, C 46,24; H 7,91. P. M. 208,20. Dosage de méthoxyle % : $(OCH_3)_2$, calculé 29,81; trouvé 29,49; d'où la formule $C_6H_{10}O_4(OCH_3)_2$.

Caractères généraux : non acide au bicarbonate de sodium, lentement soluble à froid dans l'acide sulfurique ou la lessive de soude sans coloration, solution à 2 % non précipitable par le sous-acétate de plomb, ne fixe pas le brome, ne fermente pas, ne colore pas l'orcinol chlorhydrique, ne réduit pas la liqueur de Fehling, ne réagit pas avec la phénylhydrazine, n'est pas attaqué par chauffage avec les acides ou alcalis dilués.

L'oxydation nitrique fournit une solution réductrice donnant très faiblement les réactions du rhodizonate de sodium, du nitroprussiate de sodium, de l'acétate de baryum, caractéristiques des inositols (Denigès). La déméthylation par l'acide iodhydrique a fourni le *méso*-inositol, inactif, identifié par son point de fusion 224°, celui de son dérivé hexacétylé 215° (sans dépression après mélange avec produits de référence) et les trois réactions colorées précédentes fortement positives. Il faut remarquer que ces réactions présentent des intensités très variables suivant les composés des inositols : c'est ainsi qu'elles sont positives avec le *méso*-inositol hexacétylé, négatives avec le *méso*-inositol hexabenzoylé.

Dérivé tétracétylé du liriodendritol. — Obtenu par l'anhydride acétique et l'acétate de sodium; recristallisé deux fois dans l'alcool à 80°. Prismes ou plaques hexagonales, insolubles dans l'eau, solubles dans l'alcool à 95°, le chloroforme F_{inst} 139°. Pouvoir rotatoire en solution chloroformique à 3 % $[\alpha]_D - 24°$. Composition centésimale : $C_6H_6(O_2C_2H_3)_4(OCH_3)_2$, calculé %, C 51,05; H 6,42; trouvé %, C 51,05; H 6,57. P. M. 376,35. Par saponification avec la potasse alcoolique et titrage avec l'acide sulfurique, indice d'acétyle % : $(CH_3CO)_4$, calculé 45,75; trouvé 45,31.

Le liriodendritol est donc un éther diméthylique du *méso*-inositol, possédant

quatre oxhydriles acétylables. La théorie prévoit 15 éthers diméthyliques isomères : 3 inactifs et 12 actifs, énantiomorphes deux à deux; le liriodendritol est le premier représentant de ces 12 composés. Son activité optique prouve la position dissymétrique de ses deux méthoxyles. Il est différent du seul éther diméthylique du *méso*-inositol actuellement connu, le dambonitol, isolé par Girard en 1868 du suc des lianes à caoutchouc du Gabon (1) (retrouvé par Weber en 1903 dans le latex d'une Moroïdée, *Castilloa elastica* Cerv., par de Jong en 1908 dans le latex d'une Apocynacée du genre *Dyera*). Le dambonitol, inactif, a ses deux méthoxyles placés symétriquement.

Le liriodendritol a été extrait également des rameaux de Tulipier (avec un rendement moindre), des rameaux et feuilles de sa var. *aureo-marginatum* Sch., des rameaux et feuilles de *Liriodendron chinense* Sarg. Il a été recherché sans résultat dans six espèces de *Magnolia*. Par contre, celles-ci ont fourni un autre cyclitol, le pinitol (monométhyl-*d*-inositol); un hétéroside, le syringoside, a été extrait de leurs écorces. Cette étude actuellement en cours fera l'objet d'une autre Note.

En résumé, un cyclitol nouveau, le liriodendritol, $C_6H_6(OH)_4(OCH_3)_2$, éther diméthylique du *méso*-inositol, isomère du dambonitol, a été isolé des *Liriodendron*; ses propriétés ont été décrites, ainsi que celles de son dérivé tétracétylé.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Sur la vincamajine, quatrième alcaloïde cristallisé de la grande pervenche* (Vinca major L. *Apocynacées*). Note de MM. **Maurice-Marie Janot** et **Jean Le Men**, présentée par M. Marcel Delépine.

Les auteurs ont déjà découvert dans la grande pervenche : la réserpinine ou méthoxy-11 δ-yohimbine (1), la vincamajoridine (2) récemment identifiée à l'akuammine (3), la vincamajoréine (4) $C_{21}H_{26}O_2N_2$. La présente communication relate l'isolement et la description d'un quatrième alcaloïde cristallisé $C_{22}H_{26}O_3N_2$ pour lequel le nom de vincamajine est proposé.

La chromatographie sur alumine des alcaloïdes totaux de la grande pervenche fournit par élution tout d'abord par le benzène : la réserpinine, et ensuite par l'éther des fractions dont certaines sont incristallisables, alors que d'autres conduisent à la vincamajoridine cristallisée, identifiée à l'akuammine, antérieurement extraite des graines du *Picralima nitida* Stapf.

---

(1) A. Girard, *Comptes rendus*, 67, 1868, p. 820.

(1) *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 2550.

(2) *Comptes rendus*, 240, 1955, p. 909.

(3) M.-M. Janot, J. Le Men, K. Aghoramurthy et Sir Robert Robinson, *Experientia*, 11, 1955.

(4) M.-M. Janot et J. Le Men, *Ann. pharm. fr.*, 13, 1955, p. 325.

Toutes les fractions incristallisables précédentes réunies sont solubilisées dans le chloroforme et la solution obtenue est mise en contact avec un égal volume d'acide chlorhydrique 0,1 N. Les chlorhydrates d'alcaloïdes formés se répartissent suivant leurs solubilités relatives entre la couche aqueuse et la couche chloroformique. Cette dernière, après décantation, est évaporée à sec et le résidu rougeâtre obtenu est lavé à l'acétone bouillant et l'on obtient ainsi une poudre très peu colorée qui, après deux recristallisations dans l'alcool éthylique à 96°, donne le chlorhydrate de vincamajine pur en aiguilles incolores.

Les chlorhydrates demeurés dans la couche aqueuse constituent un mélange duquel, après libération des bases et chromatographie de celles-ci, on isole une nouvelle quantité de vincamajine.

La vincamajine préparée par la méthode précédente représente 5 % environ du poids des alcaloïdes totaux.

Chlorhydrate : F 259-261° (corrigé, tube capillaire, avec décomposition); $[\alpha]_D - 40° \pm 4°$ ($c = 0,38$, eau). Il répond à la formule $C_{22}H_{26}O_3N_2$, ClH; calculé %, C 65,58; H 6,66; N 6,95; trouvé %, C 65,68; H 6,87; N 6,89.

Le spectre infrarouge (*fig.* 1) révèle à 4,2 μ la bande NH^+; à 5,75 μ la bande C=O (ester non conjugué), à 6,2 μ la bande C=C aromatique et à 12,15 μ le cycle benzénique orthosubstitué.

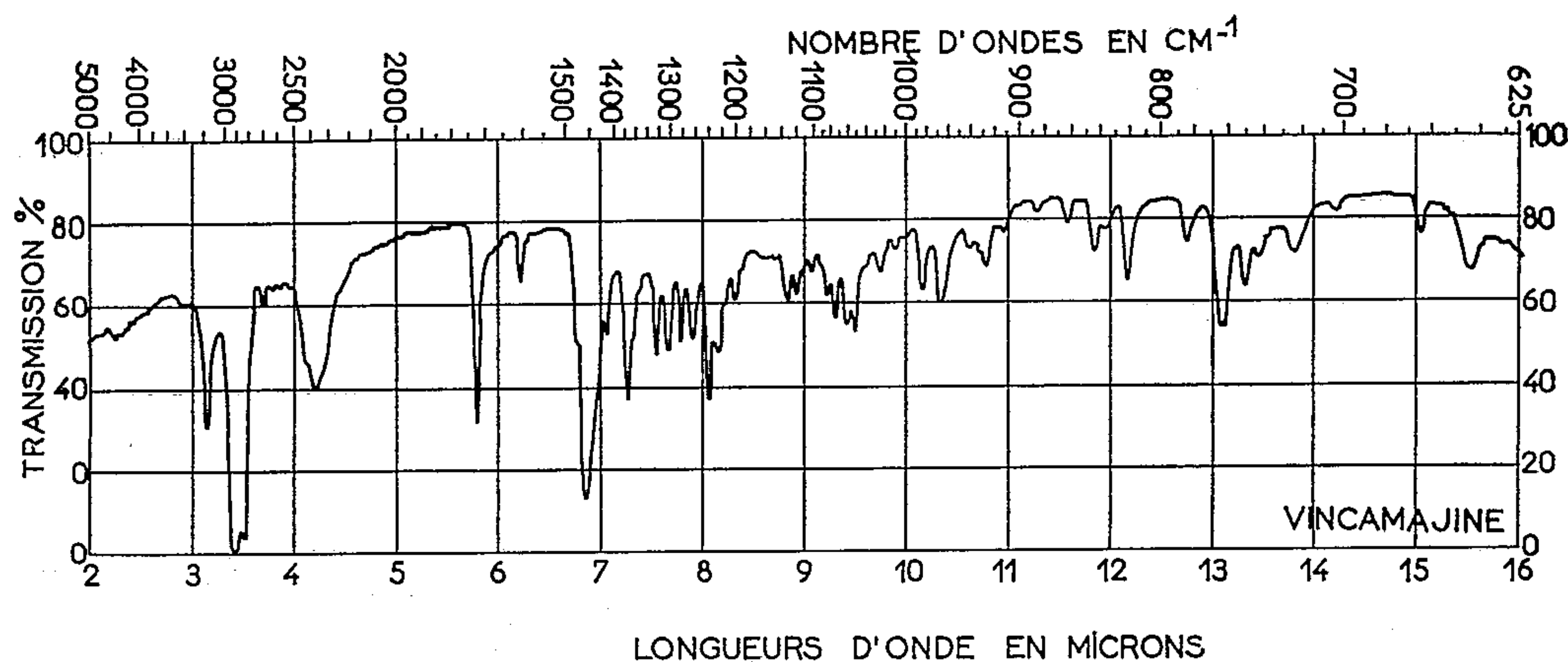


Fig. 1.

Une solution à 2 mg pour 1 cm³ d'acide acétique, additionnée d'une goutte de solution de chlorure ferrique à laquelle on ajoute, sans agiter, 1 cm³ d'acide sulfurique concentré, se colore en rose à la surface de séparation des deux liquides.

La vincamajine *base* cristallise du méthanol en grosses aiguilles prismatiques incolores, qui s'effleurissent par chauffage à 100°, F 225° (tube capillaire, corrigé); $[\alpha]_D - 55° \pm 5°$ ($c = 0,45$, alcool éthylique à 96°). Elle correspond

à la formule $C_{22}H_{26}O_3N_2$; calculé %, C 72,1; H 7,15; N 7,65; trouvé %, C 72,36; H 7,21; N 7,79, et présente un OCH_3, un $(N)CH_3$, un $(C)—CH_3$ et un H^+ mobile, respectivement calculé %, 8,46; 4,10; 4,10 et 0,30; trouvé %, 8,48; 4,03; 3,86 et 0,32.

Le spectre ultraviolet (*fig.* 2) dans l'éthanol, inchangé en milieu alcalin, présente deux maximums : λ(mμ) 248, log ε 3,68 et λ(mμ) 291, log ε 3,23, ce qui représente un chromophore indolinique.

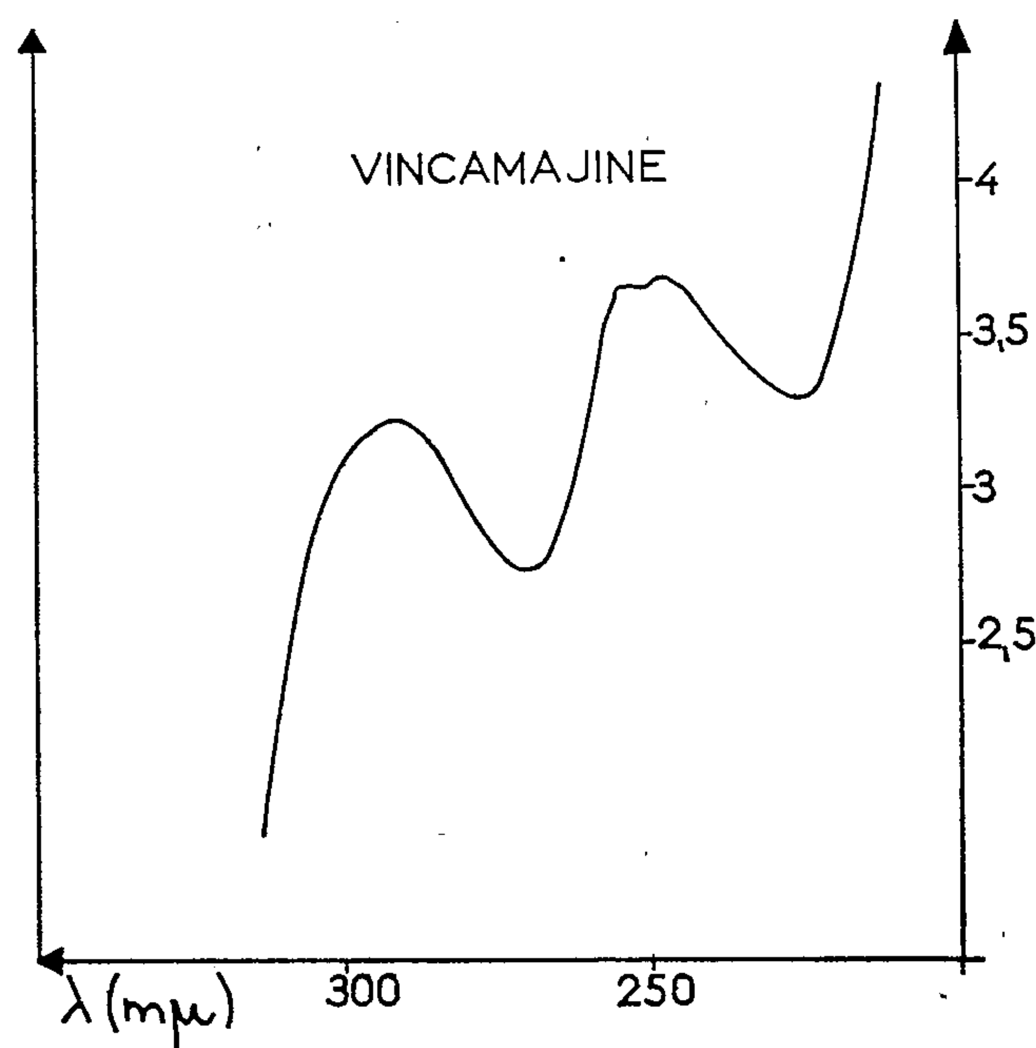


Fig. 2.

En raison de l'identité des formules brutes et de certaines similitudes spectrales, nous avons songé à comparer la vincamajine à la pseudo-akuammigine (5). Les différences nettes dans les valeurs du point de fusion et du pouvoir rotatoire, permettent de conclure que les deux alcaloïdes examinés sont différents.

Il est possible cependant, et c'est là notre hypothèse de travail, que la vincamajine ait la structure d'une désoxyakuammine et dérive biogénétiquement d'une condensation du type β, entre la tryptamine et la dihydroxyphénylalanine.

Conclusion. — L'isolement de la vincamajine $C_{22}H_{26}O_3N_2$, à côté des alcaloïdes précédemment signalés, augmente l'intérêt de cette étude des

(5) Sir Robert Robinson et A. F. Thomas, *J. Chem. Soc.*, 1954, p. 3522.

pervenches. On trouve en effet dans les genres *Vinca* et *Lochnera* ([6]) des alcaloïdes communs à deux autres genres de la même famille des Apocynacées : *Rauwolfia* et *Picralima*.

PHYSIOLOGIE. — *Recherches sur les hormones du complexe postcérébral chez* Carausius morosus. Note de Mlle **Colette L'Hélias**, transmise par M. Pierre-P. Grassé.

Dans une étude précédente ([1]), j'avais mis en évidence, dans le cerveau et le complexe postcérébral du Phasme, *Carausius morosus*, la présence d'acide ptéroylglutamique et de ptérines par électrophorèse, examen direct des organes au microscope à fluorescences avant et après irradiation aux rayonnements ultraviolets et enfin par cultures de *Lactobacillus casei* en présence d'éluats d'électrophorèse de ces organes. Cet acide folique, connu par ailleurs comme un des facteurs de croissance les plus importants, agit intensément sur la mélanisation du Phasme qui a subi l'ablation des *corpora cardiaca*. On pouvait donc présumer, d'après ces résultats, qu'il joue un rôle simultané dans la formation des hormones métabolique et chromatotrope. Est-il lui-même le facteur hormonal ou un précurseur ?

Aussi, après avoir isolé ces substances par électrophorèse et mis en évidence leur activité hormonale sur la mélanisation du Phasme, j'ai tenté de préciser leur constitution chimique par chromatographie et étude des spectres ([2]), ([3]).

Les organes sont disséqués, séparés et déposés sur des bandes de papier Whatman pour chromatographie en une dimension.

Les substances isolées de ces organes présentent bien les caractères des ptérines : insolubles dans les solvants organiques volatils (éther, chloroforme, benzène), par conséquent non liposolubles et surtout présentant de belles fluorescences bleues qui varient avec le pH et virent du bleu violet en milieu alcalin au verdâtre en milieu acide. L'irradiation par rayonnement ultra violet en solution acide fait apparaître par photolyse l'acide ptéridine carboxylique bleu intense qui se transforme secondairement en isoxanthoptérine.

Le solvant butanol, acide acétique, eau, donne sur les trois bandes de papier correspondant au cerveau, aux *corpora cardiaca* et *allata* trois taches identiques, qui, en lumière de Wood, paraissent la première bleu vert, la seconde bleu violet et la troisième bleu vert d'intensité plus faible. Les spectres des

([6]) M.-M. Janot et J. Le Men, *Comptes rendus*, 239, 1954, p. 1311.

([1]) *Comptes rendus*, 240, 1955, p. 1141.

([2]) Carlisle, Dupont, Knowles, au même moment, étudiaient l'action d'un extrait obtenu par électrophorèse du cerveau de *Carausius morosus* sur les chromatophores des Crevettes.

([3]) Les indications de M. Jérome m'ont permis de mettre en évidence les ptérines.

éluats ont présenté un maximum à 275 m μ pour le premier et deux maxima à 245 et 340 m μ pour le second. Spectres et fluorescences sont caractéristiques respectivement de la xanthoptérine et de l'isoxanthoptérine. L'alcool butylique saturé d'eau et le chlorure d'ammonium ne donnent plus qu'une tache bleue, qui, après irradiation, devient bleu intense. Elle correspond à l'acide ptéridine carboxylique. La photolyse fait apparaître ce corps par dégradation de l'acide folique.

Les produits de synthèse correspondants ont été utilisés comme témoins et ont présenté les mêmes taches se déplaçant à un niveau identique. Il est à noter que l'acide folique qui doit être traité violemment pour libérer ces dérivés est très sensible dans le complexe endocrine cérébral à l'action de la lumière, libérant rapidement ceux-ci sous l'action d'enzymes qui restent à déterminer.

Du point de vue physiologique, j'ai fait deux séries d'expériences.

Action sur la chromaticité. — L'injection d'un éluat au chlorure d'ammonium provenant d'un électrochromatogramme a montré chez le Phasme normal un brunissement léger, égal à celui obtenu dans l'obscurité, chez un Phasme sans *corpora cardiaca*.

L'injection des produits de synthèse correspondant à ceux identifiés dans les taches de chromatogrammes a une action positive. L'acide folique, injecté sous forme sodique à des animaux cardiacatomisés, provoque au bout d'une heure l'assombrissement des Phasmes (effet fugace qui disparaît au bout de plusieurs heures); par contre, la greffe des cristaux d'acide folique insoluble a une action durable, le Phasme reste noir et ne subit plus d'adaptation chromatique : la mélanisation est donc compensée par l'acide folique, puisque la production de dérivés permanents empêche l'éclaircissement à la lumière. L'injection de xanthoptérine ou d'acide xanthoptérine carboxylique provoque un noircissement intense rapide; l'injection d'isoxanthoptérine ou d'acide isoxanthoptérine carboxylique a une action plus lente.

In vitro, des coupes de cuticule brunissent avec la xanthoptérine, l'acide xanthoptérine carboxylique ou l'acide folique irradié, non avec l'acide folique lui-même. Il existe donc dans le cerveau une dégradation correspondante à la photolyse ultraviolette, provoquant l'apparition de ces ptérines qui agissent sur les pigments mélaniques. Les *corpora cardiaca* agiraient, au contraire, en empêchant la désintégration quotidienne de l'acide folique.

Action sur la croissance. — Les animaux allatectomisés font une ou deux mues et deviennent adultoïdes au bout d'intermues prolongées. Or les injections d'acide folique et folinique suivant immédiatement l'ablation des *corpora allata* se traduisent par un raccourcissement notable de l'intermue qui ressemble dans sa durée à l'intermue normale.

Il faut encore préciser le rôle exact de l'acide folique dans la croissance, mais on peut supposer d'après les résultats précédents qu'il y a apparition dans le cerveau d'acide folique suivant un mécanisme inconnu, stockage et transfor-

mation probable en un dérivé voisin de l'acide folinique dans les *corpora cardiaca*, qui stimulerait la glande ventrale en même temps que dans le cerveau, sous l'action d'excitations lumineuses transmises par les yeux et le lobe optique, il y a dégradation partielle dans la zone tritocérébrale de l'acide folique en acide ptéridine carboxylique et xanthoptérine agissant sur l'assombrissement du Phasme. Dans les *corpora allata* se formerait un autre dérivé ptérinique inhibiteur.

EMBRYOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Expériences permettant de fixer avec certitude l'origine embryonnaire du crâne chez le Coléoptère* Leptinotarsa. Note de M. **André Haget**, transmise par M. Pierre-P. Grassé.

Il est classique d'admettre que l'origine embryonnaire de la capsule céphalique ou crâne (épistome + épicrâne) des larves d'Insectes tels que les Orthoptères ou les Coléoptères doit être double. Selon cette conception classique, une partie relativement réduite (?) de la capsule (régions oculaires et antennaires, région clypéofrontale) tirerait son origine des lobes procéphaliques de l'embryon. La partie la plus importante (?) du crâne serait au contraire édifiée par les segments gnathaux, dont les bords s'étendraient latéralement puis se souderaient dorsalement, au cours du développement, à la manière des marges des segments thoraciques ou abdominaux. Parmi ces métamères du gnathos, le segment mandibulaire jouerait un rôle primordial dans ce processus, si l'on considère comme appartenant à ce segment les larges surfaces crâniennes servant à l'insertion des muscles mandibulaires. La participation des segments maxillaire et labial serait plus modeste, limitée à la formation de régions occipitales (ou seulement post-occipitales) du crâne.

Ces conceptions classiques sont fondées sur des études descriptives, anatomiques ou embryologiques.

Il nous a paru fondamental d'essayer d'élucider cette question par des opérations simples, réalisées sur l'embryon du Coléoptère *Leptinotarsa* ou Doryphore, qui se prête bien à ces recherches [1].

Il est possible de sectionner la bandelette embryonnaire du Doryphore (âgée de 2 jours) à tous les niveaux désirés entre la limite postérieure des lobes procéphaliques et la limite antérieure du prothorax [2]. Chaque opération est réalisée dans l'huile de paraffine; les bandelettes embryonnaires partielles se développent dans ce milieu, et acquièrent la structure larvaire.

Nous avons ainsi obtenu d'une part des têtes partielles à déficiences posté-

---

(1) Des expériences antérieures (*Bull. biol.*, 87, 1953, p. 191) nous avaient fourni des premiers résultats intéressants, inédits, que nous avons pu compléter récemment.

(2) L'embryon de 2 jours est dépourvu de tout pouvoir de régulation.

rieures variées, et d'autre part des larves dont la tête présente des déficiences antérieures également variées.

L'étude de nos pièces d'opération nous permet d'énoncer ici quelques premiers résultats importants, volontairement limités.

Résultats. — 1° Une tête embryonnaire partielle dépourvue de segment labial, ou bien des segments labial et maxillaire, et même des segments labial, maxillaire et mandibulaire forme une capsule céphalique entièrement comparable à celle des témoins opérés.

C'est ainsi que les seuls *lobes procéphaliques, isolés* de la bandelette embryonnaire, *édifient un crâne de surface normale*, portant ocelles, antennes et labre. Toutes les soies caractéristiques de toutes les régions d'une capsule céphalique témoin sont présentes. Leur disposition n'est modifiée qu'apparemment, par suite de la soudure postérieure et ventrale complète des lobes procéphaliques. On peut repérer sur un tel crâne les larges surfaces qui devraient servir à l'inertion des muscles mandibulaires; mais ici les mandibules et leurs muscles sont évidemment absents.

2° Une bandelette embryonnaire privée de ses lobes procéphaliques et des segments mandibulaire et maxillaire, ou bien dépourvue des lobes et du segment mandibulaire, ou même *une bandelette privée des seuls lobes procéphaliques ne forme pas de capsule crânienne, même partielle.*

Conclusions. — Ces résultats nous autorisent donc à conclure que, chez le Doryphore, on peut écarter définitivement l'idée classique d'une participation des segments gnathaux à la genèse de la capsule céphalique. Cette dernière résulte du développement des seuls lobes procéphaliques de la bandelette embryonnaire.

Nos expériences n'ont été réalisées que sur un seul type d'Insecte. Il nous paraît néanmoins utile d'insister sur le fait que chez *Leptinotarsa*, l'aire crânienne d'insertion des muscles mandibulaires n'appartient pas au segment mandibulaire, contrairement à l'opinion classique. Il nous semble donc souhaitable de n'accepter qu'avec prudence les interprétations de la métamérie de la tête d'Insecte qui seraient fondées uniquement sur des études anatomiques.

ZOOLOGIE. — *Le centre du sens tactile chez les Céphalopodes Octopodes.*

Note de Mlle **Katharina Wirz**, transmise par M. Pierre-P. Grassé.

Dans une précédente Note (1) nous avons mis en évidence les variations qui existent dans le développement volumétrique des différents lobes du cerveau chez quelques espèces d'Octopodes et de Décapodes. Nous avons

(1) *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 1353.

constaté que le lobe frontal inférieur, centre du sens tactile, est beaucoup plus grand chez les Octopodes que chez les Décapodes. Chez toutes les espèces de Décapodes que nous avons pu examiner la taille de ce lobe est sensiblement identique. Chez les Octopodes par contre, les différences sont assez importantes. Le lobe frontal inférieur est en effet d'autant plus développé que l'espèce vit à une plus grande profondeur.

La liste ci-après indique d'une part le pourcentage de volume du lobe frontal inférieur et du lobe sous-frontal par rapport à la partie centrale du cerveau (sans les lobes optiques) et d'autre part la profondeur approximative du biotope des différentes espèces. (Cette dernière indication est valable pour la région de Banyuls.)

	Lobe		
	frontal inférieur.	sous-frontal.	Profondeur (m).
Octopus vulgaris	2,96	0,75	1–50
Octopus saluzzi	3,65	1,12	ca. 100
Octopus unicirrus	3,97	1,14	200–300
Bathypolypus sponsalis	5,40	1,98	300–1000
Eledone moschata	3,42	0,82	20–60
Eledone cirrhosa	4,00	1,59	50–120
Argonauta argo	1,23	0,42	pélagique
Tremoctopus violaceus	1,11	0,42	»
Ocythoë tuberculata	1,63	0,47	»

Le lobe frontal inférieur est donc petit chez *Octopus vulgaris* qui vit dans des eaux très côtières; il est nettement plus grand chez *Octopus saluzzi* et *Octopus unicirrus* et il atteint un maximum de développement dans la forme abyssale : *Bathypolypus sponsalis*.

Eledone moschata, vivant sur des fonds moins profonds qu'*Eledone cirrhosa*, a un centre tactile plus petit.

Chez les espèces pélagiques enfin, *Argonauta argo*, *Tremoctopus violaceus* et *Ocythoë tuberculata*, le lobe frontal inférieur est très petit, comparable à celui des Décapodes.

D'autre part, paralèllement au développement du lobe frontal inférieur, nous constatons un agrandissement du lobe sous-frontal. La structure histologique de ce lobe sous-frontal est tout à fait comparable à celle du lobe vertical. Ce dernier est un centre d'intégration supérieure. Il reçoit ses fibres du lobe frontal supérieur, centre du sens visuel; la majorité de ses fibres efférentes passe dans les lobes optiques, par l'intermédiaire du lobe sous-vertical [B. B. Boycott et J. Z. Young (2)]. On pourrait donc voir dans le lobe sous-frontal, qui reçoit la plupart de ses fibres du lobe frontal inférieur, un centre supérieur du sens

(2) *Proc. Roy. Soc.*, B, **143**, 1955.

tactile, comparable à ce que représente le centre du sens visuel dans le lobe frontal supérieur et le lobe vertical. Une vérification par l'expérimentation physiologique sera difficile, car il est impossible de détruire le lobe sous-frontal sans blesser en même temps d'autres lobes. Mais le fait que ce lobe sous-frontal se trouve toujours bien développé chez les espèces caractérisées par un grand lobe frontal inférieur, est un bon argument en faveur de cette hypothèse.

BIOLOGIE. — *Action de l'hypophysectomie sur les acides nucléiques et l'activité sécrétoire du pancréas du Rat, d'après des études biochimiques et cytologiques.* Note (*) de MM. **Antonio Sesso**, **Juan H. Tramezzani**, **Victorio Valeri** et **Renato H. Migliorini**, transmise par M. Robert Courrier.

Nous avons étudié, chez le Rat, l'effet de l'hypophysectomie sur le pancréas exocrine, en examinant à la fois l'aspect cytologique de l'organe et sa teneur en divers constituants biochimiques, notamment les acides nucléiques et l'amylase.

Nous avons utilisé des rats femelles d'environ 125 g, hypophysectomisés depuis 36 à 65 jours; comme contrôle, ont été choisis des animaux de même sexe et de même poids initial, ayant subi une opération identique, mais sans ablation de l'hypophyse. Du pancréas de chaque animal, une partie a été homogénéisée immédiatement dans de l'eau à 5°C, le reste étant fixé pour l'examen cytologique. Dans les homogénats, nous avons déterminé le phosphore désoxyribonucléique (PDNA) et ribonucléique (PRNA) par la méthode de Schmidt et Tanhauser modifiée par M. Rabinovitch (1), l'activité amylolytique par la méthode de B. W. Smith et H. J. Roe (2) et l'azote total par Nesslérisation (3). Pour l'étude cytologique, les fragments ont été fixés au Helly, au Champy et à l'alcool-formol-acide acétique 85 : 10 : 5, et les préparations colorées, pour la basophilie par la gallocyanine de Einarson, pour les grains de zymogène par la coloration de Pasini et pour le chondriome par la fuchsine d'Altmann. Au moyen de l'histophotomètre de L. Lison (4), nous avons déterminé le DNA nucléaire sur 50 noyaux de la classe A, dans des coupes de tissu fixé par l'alcool-formol-acétique, traitées par la réaction de Feulgen. Les volumes nucléaires ont été calculés pour les mêmes noyaux, à partir des surfaces mesurées par planimétrie de dessins effectués à un grossissement linéaire de 2 000. Tous les résultats des mesures ont été soumis à l'analyse de variance suivant les techniques indiquées par G. W. Snedecor (5), en utilisant le test F de cet auteur.

Les résultats de nos mesures sont indiqués dans le tableau qui exprime, pour chaque

(*) Séance du 29 août 1955.

(1) *Thèse*, Univers. São Paulo, 1951.

(2) *J. Biol. Chem.*, 179, 1949, p. 53.

(3) *Practical Methods in Biochemistry*, p. 184, The Williams and Wilkins Company, Baltimore, 1953.

(4) *Acta Anat.*, 10, 1950, p. 333; *Histochimie et Cytochimie animales*, 1953, Gauthier-Villars, Paris.

(5) *Métodos de Estadistica*. Traduction de la 4e édition, Acme Agency, Buenos Aires, 1948.

détermination, la moyenne et l'erreur-type de la moyenne (—). Les résultats des dosages chimiques portent sur six animaux hypophysectomisés et sur six contrôles; ceux des mesures cytologiques sur quatre hypophysectomisés et quatre contrôles.

	Hypophysectomisés.	Contrôles.	F.
Phosphore ribonucléique (µg/mg de N total).....	35 ± 4,0	55 ± 1,6	21,8 (*)
Phosphore désoxyribonucléique (µg/mg de N total).................	16 ± 1,2	12 ± 1,1	19,3 (*)
Amylase (unités Smith et Roë par milligramme de N total)...............	574 ± 7	2 780 ± 42	325 (*)
Acide désoxyribonucléique (Feulgen, unités arbitraires)..................	102 ± 2,4	102 ± 3,9	0,05
Volume nucléaire (μ^3).....	49,9 ± 1,49	61,1 ± 1,18	29,6 (*)

(*) Valeur limite de F pour le seuil de probabilité P = 0,01 : F = 10,56 pour les dosages chimiques. F = 13,74 pour les mesures cytologiques.

L'examen des préparations cytologiques révèle chez les hypophysectomisés, une atrophie cellulaire marquée, une diminution du nombre de grains de sécrétion et une diminution de la basophilie cytoplasmique basale.

Le tableau ci-dessus montre que l'hypophysectomie ne modifie pas la teneur en acide désoxyribonucléique des noyaux *individuels*. L'augmentation du phosphore désoxyribonucléique rapporté à l'azote total est donc due à l'atrophie cellulaire, bien visible cytologiquement.

L'examen cytologique ne révèle ni pycnose nucléaire, ni aucun autre signe de mort cellulaire et l'on peut admettre que l'hypophysectomie ne modifie pas le nombre de cellules, ni par conséquent le phosphore désoxyribonucléique total. D'après cela, l'on peut calculer que l'hypophysectomie a causé, dans nos conditions expérimentales une diminution de 22 % dans l'azote total, de 51 % dans le phosphore ribonucléique et de 84 % dans l'activité amylolytique.

Le rôle des acides ribonucléiques dans la synthèse des enzymes du pancréas est controversé. Les résultats obtenus tant *in vivo* que *in vitro*, par des méthodes cytochimiques ([6]), ([7]), biochimiques ([8]), ([9]), ([10]) et par l'incor-

([6]) T. Caspersson, H. Landström et L. Aquilonius, *Chromosoma*, 2, 1941, p. 111.

([7]) E. De Robertis, I. Nuñes et E. del Conte, *Rev. Soc. Argent. biol.*, 21, 1945, p. 214.

([8]) M. Rabinovitch, V. Valeri, H. Rothschild, S. Camara, A. Sesso et L. C. U. Junqueira, *J. Biol. Chem.*, 198, 1952, p. 815.

([9]) M. M. Daly et A. E. Mirsky, *J. Gen. Physiol.*, 36, 1952, p. 243.

([10]) M. A. Guberniev et I. G. Kovyrev, *Doklady. Akad. Nauk S. S. S. R.*, 68, 1949, p. 889; *Chem. Abstr.*, 44, 1950, p. 1183.

poration d'isotopes radioactifs (11), (12), (13), (14), (15), (16) ne concordent pas.

Nos résultats actuels montrent, après hypophysectomie, une diminution concomitante des acides ribonucléiques, des grains de zymogène et de l'activité amylolytique. Ils sont compatibles avec l'hypothèse que les acides ribonucléiques conditionnent la synthèse des protéines en général, et des ferments pancréatiques en particulier. Ils ne la prouvent pas.

BIOLOGIE PHYSICOCHIMIQUE. — *Activité cancérogène et relation structurale entre le graphite et les hydrocarbures polycycliques condensés.* Note de M. **Joseph C. Arcos** et Mme **Marthe Arcos**, présentée par M. Antoine Lacassagne.

En développant la théorie de Bergmann (1), un indice est défini pour caractériser certains aspects du comportement stéréochimique des hydrocarbures polycycliques cancérogènes. La validité de la corrélation entre cet indice et l'activité cancérogène est limitée par des facteurs d'empêchement stérique à partir de six cycles condensés. Deux aspects de la forme de ces molécules sont étudiés.

1. Bon nombre de travaux ont montré qu'il n'y a qu'une différence quantitative entre les microcristaux du graphite et les hydrocarbures polycycliques condensés. Le plan réticulaire du graphite peut être défini comme un réseau bidimensionnel, formé par des unités élémentaires hexagonales ayant la distribution la plus compacte possible. La périodicité du plan réticulaire permet, à la manière des réseaux cristallins à trois dimensions, de le faire dériver à partir d'une unité élémentaire par une série de translations géométriques. Le groupe des translations constitue ici un réseau coplanaire à deux dimensions. Mais ces translations ne suivront pas nécessairement des voies préférentielles et l'orientation des translations individuelles peut être distribuée statistiquement. Il est également possible de faire un recouvrement partiel de la surface, et alors, suivant le nombre des translations et leurs orientations individuelles, le groupe couvrira une surface plus ou moins grande dans le plan. De tels groupes limités correspondent aux différents hydrocarbures polycycliques condensés.

---

(11) M. A. Guberniev et L. I. Il'Lina, *Doklady. Akad. Nauk S. S. S. R.*, 71, 1950, p. 351; *Chem. Abstr.*, 44, 1950, p. 8453.

(12) L. E. Hokin, *Biochem. et Biophys. Acta*, 8, 1952, p. 225.

(13) M. Deken-Grenson, *Biochim. et Biophys. Acta*, 10, 1953, p. 480.

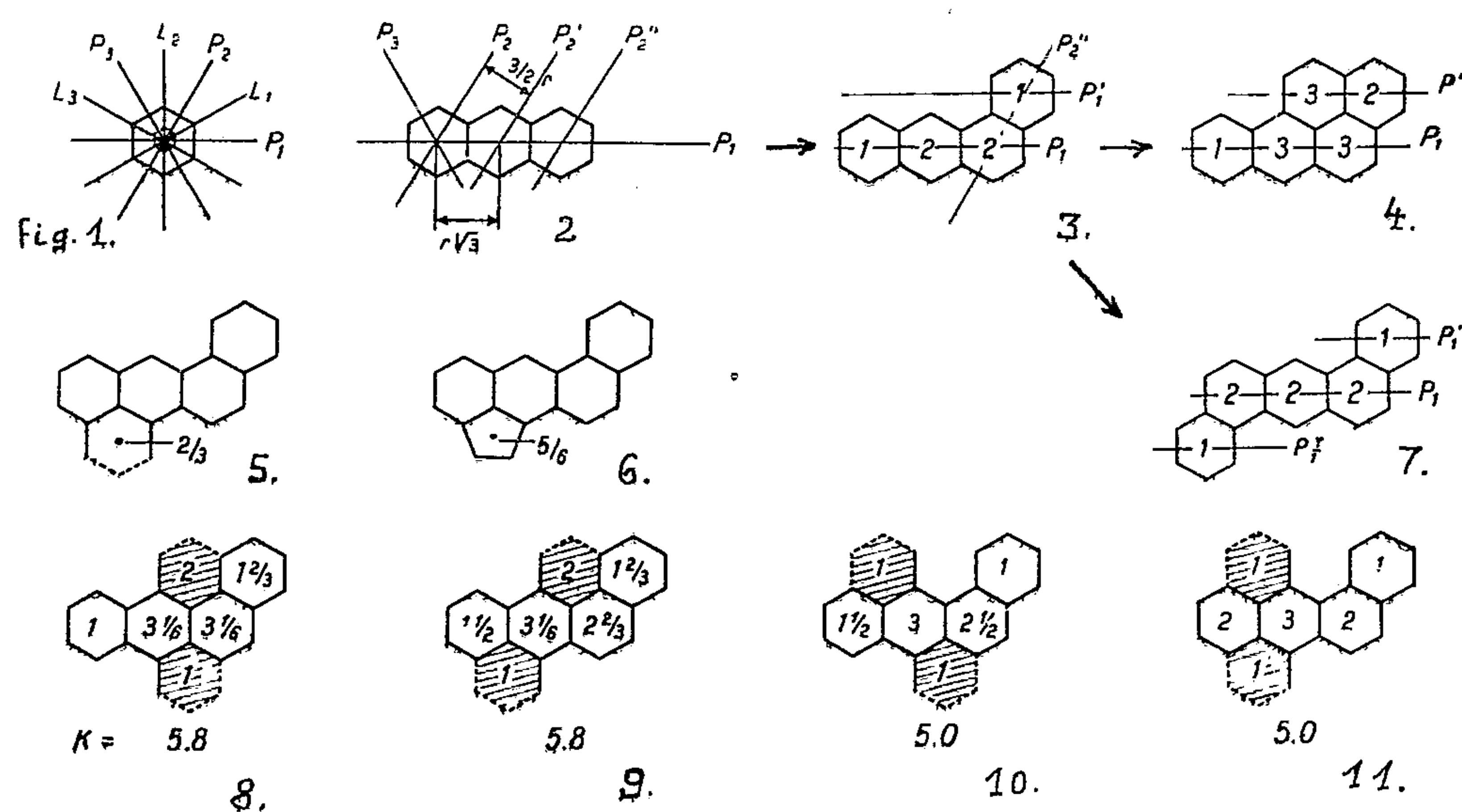
(14) M. Deken-Grenson, *Biochim. et Biophys. Acta*, 12, 1953, p. 560.

(15) J. F. Fernandes et L. C. U. Junqueira. *Arch. Biochem. and Biophys.*, 55, 1955, p. 54.

(16) H. K. Kihara, M. Amano, H. Ikemoto et A. Sibatani, *Biochim. et Biophys. Acta*, 17, 1955, p. 143.

(1) *Cancer Res.*, 2, 1942, p. 660.

2. L'hexagone élémentaire (*fig.* 1) possède trois plans de symétrie (P_1, P_2, P_3), trois axes binaires (L_1, L_2, L_3) et un axe sénaire. On ne présuppose aucun choix préférentiel entre P_1, P_2 et P_3. Les translations individuelles le long des plans de symétrie P ont une longueur de $r\sqrt{3}$, où r est le rayon du cercle de circonférence de l'hexagone élémentaire. Les plans de symétrie P deviennent ainsi des axes de translation (par exemple P_1). Des translations linéaires $(\vec{P}_1)$ donnent les hydrocarbures polycycliques linéaires (chaîne). Les unités élémentaires successives possèdent toutes des axes de translations, qu'on obtient de ceux de l'unité élémentaire de départ par des translations successives de $(3/2)r$.



On obtiendra des structures angulaires (réseau) si les translations sont également poursuivies le long des autres axes de translation (P_n). Dans les structures angulaires une nouvelle série d'axes de translation apparaît : P_1^n (*fig.* 2, un axe; *fig.* 3 et 4, deux axes; *fig.* 7, trois axes). On appellera *indice d'extension perpendiculaire* le nombre total K de ces axes, construits parallèlement à la plus longue translation linéaire dans le groupe.

3. Dans une structure polycyclique condensée, chaque unité élémentaire est voisine d'un certain nombre d'autres unités. On appellera *ordre de vicinalité* V d'une unité élémentaire considérée le nombre des unités s'y avoisinant (*fig.* 3, 4 et 7), ce nombre pouvant aller de 1 à 6. L'ordre de vicinalité moyen $\bar{V}$ d'une structure sera le rapport de la somme des ordres de vicinalité et du nombre des unités. Pour le calcul de l'ordre de vicinalité des hydrocarbures alkylsubstitués les cycles fractionnaires, que déterminent ces substituants, sont considérés comme des cycles potentiels (¹). Une telle approximation est admissible,

car un récepteur biologique est souvent plus sensible à l'arrangement d'ensemble des atomes d'une molécule, qu'à la nature ou au mode de liaison de ceux-ci ([2]). Ainsi par exemple deux méthyles en ortho sur un noyau déterminent un cycle potentiel de valeur 1/2, tandis qu'en péri sur deux noyaux voisins ces deux substituants constituent un cycle potentiel de valeur 2/3 (*fig.* 5). Un seul groupe méthyle définit deux cycles potentiels voisins possible (*fig.* 8 à 11).

4. On a observé que le produit des indices K et $\overline{V}$ montre une corrélation avec l'activité cancérogène dans une série d'hydrocarbures polycycliques. Le coefficient de corrélation est de 0,86. Les activités ont été évaluées d'après les données expérimentales de J. Hartwell ([3]) et de G. M. Badger ([4]).

Hydrocarbure.	Indice $K\overline{V}$.	Indice d'activité.
Naphtalène	1,00	0
Anthracène	1,33	0
Naphtacène	1,50	0
Pentacène	1,60	0
Hexacène	1,66	0
Phénanthrène	2,66	0
Chrysène	3,00	2
1.2-benzanthracène	3,00	1
3.4-benzophénanthrène	3,00	5
3.4.7.8-dibenzophénanthrène	3,20	2
1.2.7.8-dibenzanthracène	3,20	3
10-méthyl-1.2-benzanthracène	4,45	9
3.4.8.9-dibenzopyrène	4,66	6
1.2.5.6-dibenzanthracène	4,80	9
3.4-benzopyrène	4,80	10
9.10-diméthyl-1.2-benzanthracène	5,40	11
Cholanthrène	5,47	9
20-méthylcholanthrène	5,70	10

Comme suite de cette corrélation, l'activité cancérogène éventuelle de plaquettes de graphite et de mica est actuellement en expérimentation à l'Institut de Radium de Paris, en implantation dans le Rat. Le mica a été choisi en raison de la symétrie hexagonale de son plan réticulaire.

La séance est levée à 15 h 45 m.

L. B.

([2]) E. C. Dodds et coll., *Nature*, 148, 1941, p. 142.
([3]) *Surv. Compds. Tested f. Carcinogenic Activity*, Washington, 1951.
([4]) *Brit. J. Cancer*, 2, 1948, p. 309.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus pendant les séances d'août 1955.

Scienza delle costruzioni, par Gustavo Colonnetti. Volume secondo : *La statica delle travi e degli archi*. Torino, Edizioni Scientifiche Einaudi, 1955 ; 1 vol. 24,5 cm.

Direcção geral de minas e serviços geológiços. Serviços geológiços de Portugal. *Flora mesozóica Portuguesa*, por Carlos Teixeira. I Parte, Lisboa, 1948 ; II Parte, Lisboa, 1950 ; 2 vol. 33 cm.

The Report on the Tokachi-Oki Earthquake (en langue japonaise). Sapporo, 1954.

Wird das Klima auf der Erde Wärmer ? von Walter Cernowicky. Wien, 29 april 1955 ; 1 feuille 27 cm.

Services américains d'Information. *Structure de l'Agriculture américaine*. Paris, U.S.I.S., 1955 ; 1 fasc. 29 cm.

Académie des sciences de l'U. R. S. S. Sessia Akademii naouk SSSR po mirnomou ispolizovaniou atomnoi energii 1-5 ioulia 1955 g. *Plenarnœ zasedanie. — Zasedania otdelenia fisiko-matematitcheskik naouk. — Zasedania otdelenia Khimitcheskik naouk. — Zasedania otdelenia biologitcheskik naouk. — Zasedania otdelenia teknitcheskik naouk*. Moscou, Éditions de l'Académie des sciences de l'U. R. S. S., 1955 ; 5 vol. 22,5 cm (présentés par M. Robert Courrier).

Ejercito argentino. *Reseña historica del Instituto geografico militar. Su mision y su obra*. Buenos Aires, 1951 ; 1 vol. 26 cm.

The contribution of Tube Investments Ltd. to the Development of the Peaceful Uses of atomic energy. Geneva, First international exhibition of the peaceful uses of atomic energy, 1955 ; 1 vol. 26 cm (en langues anglaise et française).

(*A suivre*).

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 26 SEPTEMBRE 1955.

PRÉSIDENCE DE M. Louis FAGE.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

IMMUNOLOGIE. — *Le principe des substances adjuvantes et stimulantes de l'immunité. Ses bases. Ses applications.* Note de M. **Gaston Ramon.**

En 1925, il y a donc exactement trente années, nous avons ouvert un nouveau chapitre d'immunologie : celui des *substances adjuvantes et stimulantes de l'immunité.*

Ces substances spécifiquement inertes, injectées en mélange avec l'antigène-vaccin spécifique, permettent d'accroître, dans des proportions plus ou moins considérables, l'immunité que ce dernier est capable de développer.

Les recherches qui nous ont conduit à additionner de substances spécifiquement inertes l'antigène dans le but d'augmenter le degré d'immunité qu'il peut conférer ont eu pour point de départ des observations faites lors de l'immunisation des chevaux fournisseurs de sérum antidiphtérique ([1]). Nous avions, en effet, constaté que, chez certains de ces animaux, la présence d'une vive inflammation locale, au lieu d'injection de l'antigène diphtérique (toxine ou anatoxine), coïncidait souvent avec une production accrue d'antitoxine chez ces mêmes animaux.

Partant de là, nous démontrions bientôt que l'on peut produire artificiellement l'augmentation de la production d'antitoxine diphtérique ou tétanique, chez le Cheval, en ajoutant à l'antigène, préalablement à son injection, certaines substances. Après de nombreuses expériences au cours desquelles nous avons utilisé les substances les plus variées : mie de pain, grains d'aleurone, sérum desséché et insolubilisé (par le formol), gélose, tapioca, etc., capables de déterminer *in situ*, une réaction inflammatoire, notre choix s'est porté sur le *tapioca* ([2]).

([1]) G. Ramon, *Recueil de Méd. Vétér. Bull. et Mém. Soc. Centr. Méd. Vétér.*, **101**, 1925, p. 227.

([2]) G. Ramon, *Comptes rendus*, **181**, 1925, p. 157; *C. R. Soc. Biol.*, 93, 1952, p. 506; *Ann. Inst. Pasteur*, **40**, 1926, p. 1.

Ainsi que nous le signalions dès 1925 ([3]) :

« L'antigène auquel on a ainsi ajouté du tapioca introduit dans le tissu souscutané chez le Cheval, y rencontre, dans les conditions les plus favorables, les éléments les plus variés : leucocytes et ferments cellulaires ou plasmatiques, d'une part, dont l'afflux est augmenté par la présence du tapioca, cellules conjonctives, d'autre part, que multiplie l'inflammation provoquée artificiellement. Ces éléments, en retenant momentanément l'antigène à l'endroit d'injection et en empêchant son élimination trop prompte, lui font subir sur place, avant son absorption, des modifications plus ou moins profondes. L'organisme peut ainsi l'utiliser au mieux et avec le minimum de perte. Il en résulte une immunité plus précoce, plus forte et plus durable et une production d'antitoxine plus abondante ».

Telles étaient les constatations faites, en 1925, grâce au procédé employé qui consistait à ajouter à l'antigène une substance adjuvante, en l'occurrence le tapioca.

Le principe de l'accroissement de l'immunité sous l'influence de l'injection du mélange d'antigène spécifique et de substance adjuvante étant établi, nous entreprîmes sans délai de nouvelles recherches, afin de déceler d'autres substances capables de jouer le même rôle que le tapioca, afin aussi d'étudier plus complètement le mécanisme intime du phénomène d'immunité décelé lors des constatations initiales que nous venons de rappeler.

C'est ainsi que dans le but d'appliquer le nouveau principe d'immunisation non plus seulement chez l'animal mais chez l'Homme lui-même, le tapioca étant inutilisable chez celui-ci, nous avons procédé, avec notre collaborateur Chr. Zœller, à des essais en nous servant de mélanges d'anatoxine diphtérique ou d'anatoxine tétanique et de substances diverses : *amidon, fécule de pomme de terre, lait, huile, lécithine,* etc. ([4]). Ces essais nous ont amenés à la *méthode d'immunisation dite des « vaccins associés »* dans lesquels la substance adjuvante est représentée non plus par une substance spécifiquement inerte comme l'amidon, l'huile ou la lécithine, mais par un vaccin spécifique, par exemple, le vaccin antityphoparatyphoïdique TAB associé à une anatoxine telle que l'anatoxine tétanique ([5]). Dans la suite nous avons décelé d'autres substances adjuvantes, notamment des *agents chimiothérapiques* (atoxyl) ([6]), le *chlorure de calcium* ([7]), *la lanoline, le cholestérol* ([8]), etc.

([3]) G. Ramon, *Recueil de Méd. Vétér.*, 101, 1925, p. 348; *Voir* également *Ann. Inst. Pasteur* (*loc. cit.*).

([4]) *Bull. et Mém. de la Soc. Méd. des Hôpitaux*, 50, 1926, n° 28.

([5]) G. Ramon et Chr Zoeller, *C. R. Soc. Biol.*, 94, 1926, p. 106; *Ann. Inst. Pasteur*, 41, 1927, p. 803.

([6]) L. Nattan-Larrier, G. Ramon et E. Grasset, *C. R. Soc. Biol*, 97, 1927, p. 541.

([7]) G. Ramon, *Ann. Inst. Pasteur*, 47, 1931, p. 339.

([8]) On se reportera à l'exposé de toute une série de travaux poursuivis avec de nombreux

Des recherches furent effectuées, dans ce même domaine, par d'autres expérimentateurs et en premier lieu par Glenny et ses associés qui, à dater de 1926, (9) montra que l'alun ajouté, dans différentes conditions, à l'anatoxine diphtérique est, lui aussi, capable d'entraîner l'augmentation de l'immunité due à cet antigène et de jouer ainsi le rôle de substance adjuvante. D'après nos collègues anglais : « l'accroissement de l'efficacité antigénique de l'anatoxine additionnée d'alun est dû à l'absorption et à l'élimination lentes qui résultent de cette addition ». C'est là l'un des effets qu'en posant, en 1925, le principe des substances adjuvantes de l'immunité, nous avions attribué au tapioca et aux substances similaires. Dans divers essais Sven Schmidt (10) a ajouté de l'hydroxyde d'aluminium à l'anatoxine diphtérique et a obtenu, de ce fait, une meilleure production d'antitoxine qu'avec l'anatoxine seule. Comme le rappelait S. Schmidt en 1939 (11) c'est en partant de nos expériences réalisées primitivement avec le tapioca et en passant par ses propres essais au moyen de l'hydroxyde d'aluminium qu'il est arrivé à l'obtention des « adsorbats de virus ». On sait l'intérêt revêtu par ces adsorbats de virus ou d'anavirus dans la préparation de vaccins tels que le vaccin anti-aphteux.

Depuis sa découverte en 1925, le principe des substances adjuvantes et stimulantes de l'immunité a donné lieu à d'innombrables travaux et à de très importantes applications. Parmi les principales, nous citerons l'application à la production des sérums thérapeutiques qui a permis d'obtenir des sérums antidiphtériques et antitétaniques d'une valeur antitoxique inconnue jusque-là (G. Ramon), l'application à la *vaccination antidiphtérique* et à la *vaccination antitétanique* au moyen des anatoxines spécifiques additionnées soit d'alun (Glenny et ses collaborateurs), soit d'hydroxyde d'aluminium (Schmidt), soit de phosphate d'aluminium (Holt), soit d'un facteur adjuvant naturel (Lahiri), l'application à la *vaccination contre le charbon du mouton* à l'aide du vaccin charbonneux additionné de gélose et d'alun (G. Ramon et A. Staub), à la *vaccination contre la fièvre aphteuse*, le vaccin (anavirus) étant absorbé par l'hydroxyde d'aluminium (Schmidt, Waldmann), à la *vaccination contre la rage* en se servant du vaccin (anavirus) auquel est ajouté du latex d'Hévéa (Jacotot), la *vaccination contre la grippe* en utilisant le vaccin spécifique (formolé) émulsionné dans un corps gras (Salk), etc. Enfin, on doit mentionner tout spécialement la *méthode des vaccinations associées* (G. Ramon et

---

collaborateurs à partir de 1934. Ces travaux sont condensés dans plusieurs Mémoires publiés dans la *Revue d'Immunologie* 1937 et 1938. Ils ont été, en outre, rassemblés dans une étude d'ensemble présentée au Congrès international de Pathologie comparée à Rome en 1939.

(9) A. T. GLENNY et ses associés, *J. Path. and Bact.*, 19, 1926, p. 31 ; *ibid.*, 34, 1933, p. 148, etc.

(10) *C. R. Soc. Biol.*, 106, 1931, p. 765.

(11) *Archiv. für die gesamte Virusforschung*, 1, 1939, p. 215.

Chr. Zoeller) qui, comme nous l'avons rappelé, dérive directement du principe d. bstances adjuvantes et stimu antes.

Ainsi mis en évidence il y a trente ans maintenant et reposant sur nos observations premières et sur notre expérimentation fondamentale, le principe des substances adjuvantes et stimulantes de l'immunité s'est révélé au fil des années, des plus fructueux, par ses applications, dans la lutte contre les maladies infectieuses chez l'Homme et chez les animaux; il a apporté un appoint très profitable aux procédés de vaccination et en particulier à notre méthode d'immunisation par les anatoxines et les vaccins anavirulents [12].

M. le **Secrétaire perpétuel** dépose sur le Bureau de l'Académie une série de tirages à part des travaux de M. **Albert F. Blakeslee.**

DÉSIGNATIONS.

M. **Georges Chaudron** est désigné pour représenter l'Académie dans le « **Symposium on the mechanism of phase transformations in metals** », qui aura lieu à Londres, le 9 novembre.

CORRESPONDANCE.

Le Président de l'**Académie des « Lincei »** signale que cette Compagnie attribuera, en 1956, 5 Prix internationaux « **Antonio Feltrinelli** », de chacun 5 millions de lires, et invite l'Académie des sciences à présenter les propositions qu'elle jugerait opportunes. La question est renvoyée :

Pour le prix de mathématiques, mécanique et applications, aux sections de Géométrie, de Mécanique et à MM. **Louis de Broglie**, **Charles Camichel**, **Georges Darrieus**, **Léopold Escande**;

Pour le prix d'astronomie, géodésie et géophysique et applications, aux sections d'Astronomie, de Géographie et Navigation et à MM. **Louis de Broglie**, **Luc Picart**, **Pierre Lejay**;

Pour le prix de physique, chimie et applications, aux sections de Physique, de Chimie et à MM. **Maurice de Broglie**, **Armand de Gramont**, **Louis de Broglie**, **Robert Courrier**, **Louis Hackspill**, **Jacques Tréfouël**, **Gaston Dupouy**;

[12] On trouvera l'exposé détaillé de l'ensemble de cette question ainsi qu'une abondante bibliographie la concernant, dans un Ouvrage en préparation : *Le principe des substances adjuvantes. Ses bases. Ses applications.*

Pour le prix de géologie, paléontologie, minéralogie et applications, à la section de Géologie et à M. **Robert Courrier**.

Pour le prix des sciences biologiques et applications, aux sections de Botanique, Zoologie, Économie rurale, Médecine et Chirurgie et à MM. **Jacques Duclaux**, **Gaston Ramon**, **Robert Courrier**, **Antoine Lacassagne**.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Montaña y los origenes del movimiento social y cientifico de Mexico*, por José Joaquin Izquierdo. *Prefacio* de Henry E. Sigerist.

2° K. E. B. Jay. *Atomic Energy Research at Harwell.*

3° *Les principaux types de sols de la République d'Haïti et leur répartition géographique*, par Arnaud Haspil et Jacques Butterlin, in *Bulletin agricole* (Port-au-Prince, Haïti).

4° *Segundo Symposium sobre Algunos problemas matemáticos que se están estudiando en Latino América. Villavicencio-Mendoza* 21-25 *Julio* 1954.

5° *Berichte zur X. Generalversammlung der I. U. G. G. — Assoziation für Geodäsie im September* 1954 *in Rom.* Herausgegeben von M. Kneissl, in *Sonderhefte der Zeitschrift für Vermessungswesen.*

6° *Biographical Memoir of Elmer Ambrose Sperry* 1860-1930, by Jerome C. Hunsaker.

7° Elena Roman. *Cercetàri asupra parazitofaunei pestilor din dunàre.*

8° Traian Sàvulescu. *Ustilaginales der Rumänischen Volksrepublik.*

9° C. I. Parhon. *Biologia vîrstelor cercetari clinice si experimentale.*

10° Academia Republicii populare Romîne. *Probleme de Cardiologie.* Vol. I.

11° Académie des sciences de Lithuanie. Institut d'agriculture et pédologie. *Žemdirbystés ir dirvožemio Instituto Darbai.* Tome I.

12° Polska Akademia Nauk. Institut Immunologii i Terapii Doswiadczalnej. *Archiwum immunologii i terapii doświadczalnej.* Tom I.

13° Wenner-Gren Foundation for Anthropological Research (New York). *Yearbook of Anthropology* 1955.

14° The Institute of Electrical Engineers of Japan (Tokyo). *Electrotechnical Journal of Japan.* Vol. I, n° 1.

GÉOMÉTRIE DIFFÉRENTIELLE. — *Un théorème sur les espaces homogènes complexes.* Note de M. **Yozô Matsushima**, présentée par M. Joseph Pérès.

Démonstration d'un théorème qui généralise un résultat obtenu par A. Lichnerowicz [1] et démontré par une méthode différente de la nôtre dans les cas où : *a*. G est compact; *b*. G est non compact, mais G/H de classe de Chern $c_2 \neq 0$.

[1] *Archif der Math.*, 5, 1954, p. 207-215.

THÉORÈME. — *Soit* $V_{2n} = G/H$ *un espace homogène complexe* (G *connexe*, H *compact sans sous-groupe* $\neq \{e\}$ *invariant dans* G). *Si le groupe linéaire connexe d'isotropie est irréductible*, V_{2n} *admet une structure d'espace hermitien symétrique*.

Désignons par $\mathfrak{G}$ et $\mathfrak{H}$ les algèbres de Lie de G et H. Nous identifierons l'espace vectoriel tangent de V_{2n} au point H avec l'espace vectoriel $\mathfrak{G}/\mathfrak{H}$. Alors $\mathfrak{G}/\mathfrak{H}$ est un $\mathfrak{H}$-module simple. Il en résulte que $\mathfrak{H}$ est une sous-algèbre maximale de $\mathfrak{G}$ qui ne contient aucun idéal $\neq \{o\}$ de $\mathfrak{G}$. Par suite si $\mathfrak{J}$ est un idéal non nul de $\mathfrak{G}$, on a $\mathfrak{G} = \mathfrak{J} + \mathfrak{H}$. Soit $\mathfrak{Z}$ le centre de $\mathfrak{G}$. Si $\mathfrak{Z} \neq \{o\}$, $\mathfrak{G} = \mathfrak{Z} + \mathfrak{H}$ et $\mathfrak{H}$ serait un idéal de $\mathfrak{G}$. On a donc $\mathfrak{Z} = \{o\}$ et le centre de G est discret. La composante connexe de l'élément neutre de H est un sous-groupe connexe maximal de G.

1. Supposons G compact. Alors G est semi-simple. On peut supposer sans gêner la généralité que H est connexe. G/H étant un espace homogène complexe, il existe un tore $T \subset G$ tel que H contienne la partie semi-simple du centralisateur connexe C(T) de T dans G [2]. Si H était semi-simple, H serait un sous-groupe propre de C(T) et donc H n'est pas semi-simple et il coïncide avec le centralisateur connexe de son centre. Par suite le groupe linéaire connexe d'isotropie contient le centre non discret et donc G/H est hermitien symétrique [3].

Dans la suite nous supposerons que G est non compact. H est alors un sous-groupe compact maximal de G. En particulier, H est connexe.

2. Supposons G semi-simple et soit Z le centre discret de G. Soit $G_a = G/Z$ le groupe adjoint de G. L'image canonique de H dans G_a est un sous-groupe compact H_a de G_a. Soit K_a un sous-groupe compact maximal de G_a contenant H_a. On peut identifier les algèbres de Lie de G_a et H_a avec $\mathfrak{G}$ et $\mathfrak{H}$. L'algèbre de Lie $\mathfrak{K}$ de K_a contient $\mathfrak{H}$ et $\mathfrak{K} \neq \mathfrak{G}$, car G_a n'est pas compact. Donc $\mathfrak{K} = \mathfrak{H}$ et $K_a = H_a$. Soit K le sous-groupe de G image inverse de K_a dans G. K est connexe [4] et engendré par $\mathfrak{K}$ et donc $K = H$. Le centre Z est contenu dans H, d'où $Z = \{e\}$ et $G = G_a$. Par un théorème bien connu G/H est riemannien symétrique et par suite hermitien symétrique.

3. Considérons maintenant le cas où G n'est pas semi-simple. Dans ce cas G contient un sous-groupe $A \neq \{e\}$ invariant dans G qui est abélien et fermé. Alors $G = A.H$ et $T = A \cap H$ est un sous-groupe compact maximal de A. On peut trouver un sous-groupe vectoriel R de A tel que $A = R \times T$, d'où $G = R.H$, $R \cap H = \{e\}$. Il existe alors un isomorphisme analytique (réel) f de G/H sur R tel que $f(ax) = af(x)$ pour tout $x \in G/H$ et $a \in R$, où $x \to ax$ est la translation par a. La structure hermitienne de G/H invariante

---

[2] H. C. WANG, *Amer. Journ. of Math.*, 76, 1954, p. 1-32.

[3] A. LICHNEROWICZ, *loc. cit.*, Théorème 2.

[4] IWASAWA, *Ann. of Math.*, 50, 1949, p. 507-558.

par G peut être transportée par f en une structure hermitienne invariante sur le groupe vectoriel R. R est alors un espace vectoriel unitaire. Il en résulte que G/H est globalement unitaire, C. Q. F. D.

Il résulte de la démonstration du théorème que la courbure de Ricci de V_{2n} est nulle si et seulement si G est non compact et non semi-simple. Nous énoncerons;

Corollaire. — *Tout espace homogène hermitien à groupe linéaire connexe d'isotropie irréductible et à courbure de Ricci nulle est globalement unitaire.*

MÉCANIQUE PHYSIQUE. — *Sur la résistance à la flexion dynamique des plastiques les plus fragiles et celle d'autres matériaux.* Note (*) de MM. **Bernard Bossu** et **Pierre Dubois**, présentée par M. Pierre Chevenard.

La résistance à la rupture en flexion par choc d'un matériau est, sous certaines conditions, sensiblement proportionnelle au volume entre appuis de l'éprouvette Charpy.

L'objet principal de cette étude a été de déterminer quelle est, parmi les différentes formules envisagées, celle qui exprime le mieux la résistance à la rupture en flexion par choc de quelques matériaux plus résistants en compression qu'en traction :

Conditions expérimentales. — L'expérimentation a été généralement faite avec des éprouvettes homothétiques. La distance entre appuis était égale à $16h$, la dimension h, appelée hauteur, étant celle qui est dirigée suivant la flèche de rupture. L'éprouvette la plus petite avait les dimensions :

$$L = 51 \text{ mm}, \quad b = 7{,}5 \text{ mm}, \quad h = 3 \text{ mm}.$$

Les éprouvettes ont été cassées à l'aide d'un mouton-pendule Charpy à deux sensibilités, 25 et 50 kg.cm (1), muni d'un dispositif permettant la variation de la distance entre appuis.

Résultats. — 1. *Caractères de la rupture.* — La projection des deux morceaux de l'éprouvette se fait en sens inverse de la marche du pendule suivant deux directions dont l'angle est de l'ordre de 90°, dans le cas d'un phénoplaste à farine de bois (2).

2. *Éprouvettes homothétiques.* — Elles provenaient de plaques d'un même polyméthylméthacrylate, peu plastifié, de différentes épaisseurs, ne présentant pas de tensions importantes.

(*) Séance du 19 septembre 1955.

(1) NFC 46, Union Technique de l'Électricité, Paris.

(2) A. Guinier et J. P. Berthelin, *Bulletin du Laboratoire d'Essais du C. N. A. M.*, 1944, n° 1, p. 3.

Les courbes de la figure 1 montrent comment varient les différentes énergies spécifiques de rupture que l'on peut définir, pour chaque éprouvette en rapportant l'énergie totale de rupture successivement :

a. à la section droite : courbe W_s de l'énergie spécifique de rupture par section, souvent appelée résilience;

b. au volume contraint : courbe W_v de l'énergie spécifique de rupture contraint (le volume contraint étant celui qui est compris entre les appuis);

c. au produit de la section droite par la hauteur : courbe W_{bh^2} ;

d. au volume total de l'éprouvette : courbe W_{vt}.

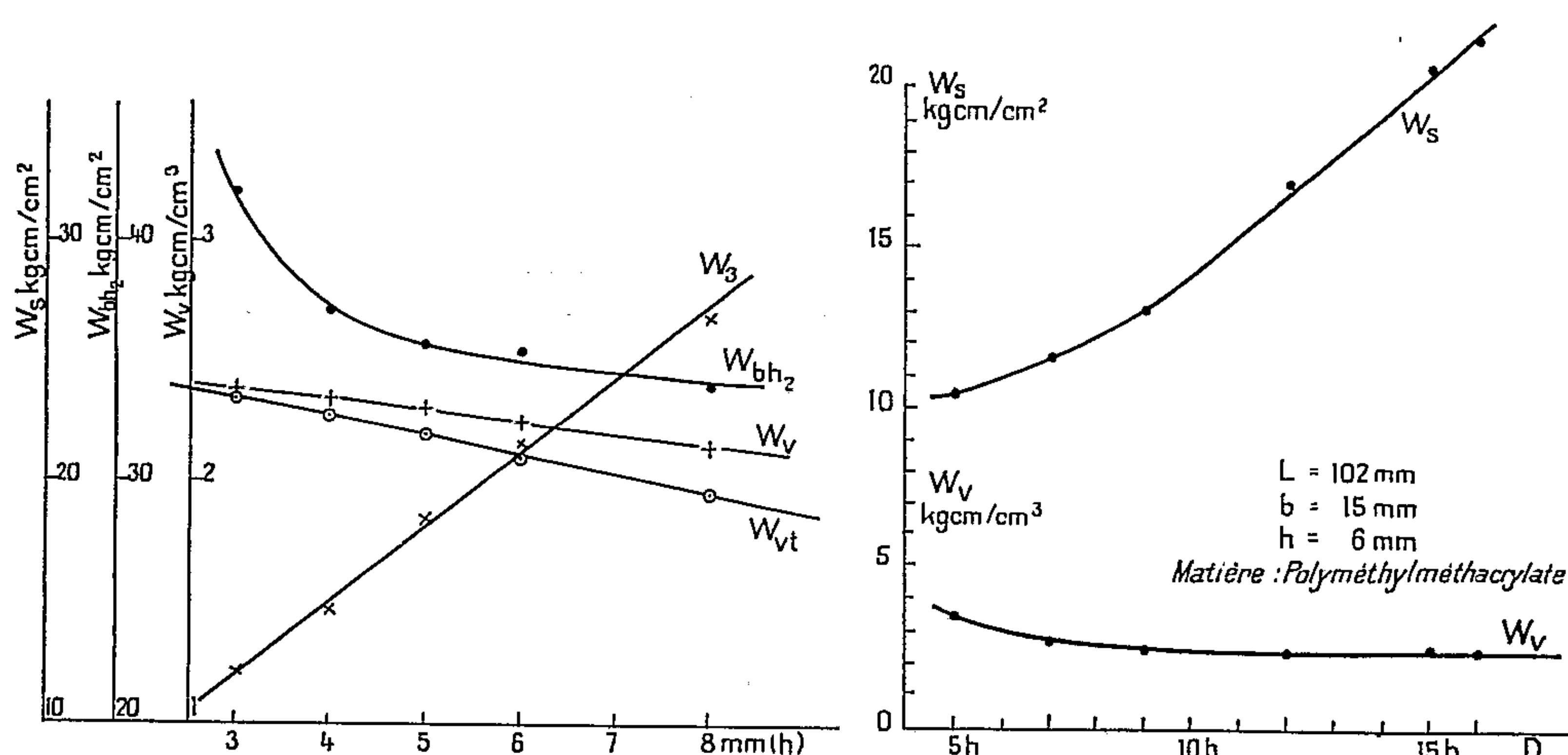


Fig. 1.

Fig. 2.

Fig. 1. — Énergies spécifiques de rupture par choc d'éprouvettes homothétiques en fonction de la hauteur h.

Fig. 2. — Énergies spécifiques de rupture par choc en fonction de la distance entre appuis $D = kh$.

3. *Influence de la distance entre appuis.* — Les courbes de la figure 2 montrent comment évoluent l'énergie spécifique de rupture par section, W_s, et l'énergie spécifique de rupture du volume contraint, W_v, quand la distance entre appuis D varie, pour des éprouvettes identiques, entre 5 et 16 fois la hauteur.

4. *Influence du volume non contraint de l'éprouvette.* — On a utilisé des éprouvettes en polyméthylméthacrylate peu plastifié, de section transversale 15×6 mm et de longueur allant de 6 jusqu'à 17 fois la hauteur. Les résultats obtenus montrent que la masse extérieure aux appuis ne joue aucun rôle dans la valeur de l'énergie spécifique de rupture du volume contraint W_v.

5. *Influence de la dimension transversale b.* — Cette influence semble peu importante, dans le cas du polyméthylméthacrylate, et du stratifié phénoplaste papier essayés, à condition que la distance entre appuis soit de l'ordre de 16 *b*, quand la dimension *b* joue le rôle de hauteur.

6. *Énergie spécifique de rupture du volume contraint pour différents matériaux.* — La moyenne de 20 expériences est donnée ci-dessous :

	Fonte grise.	Phénoplaste à farine de bois.	Polyméthylméthacrylate.	Phénoplaste stratifié papier.	Verre à vitre.
W_v (kg.cm/cm^3).....	2,68	1,0	2,28	4,68	0,30
Erreur relative (%)...	±7	±10	±7	±10	±50

CONCLUSIONS. — Dans le cadre des matériaux que nous avons utilisés et de nos conditions expérimentales, on est amené aux conclusions suivantes qui découlent de plus de 2 000 déterminations :

a. L'énergie de projection résulte, pour une forte part, de la réaction instantanée des deux morceaux comprimés l'un vers l'autre au moment de la rupture des matériaux plus résistants en compression qu'en traction. Comme le phénomène se produit aussi en flexion statique entre deux appuis, on ne peut, semble-t-il, attribuer exclusivement la projection, comme on le fait le plus souvent ([3]), à la vitesse de la panne qui exerce l'effort et à la réaction des appuis.

b. L'énergie spécifique de rupture du volume contraint est sensiblement indépendante des dimensions transversales dans le cas d'un matériau homogène et isotrope, sous réserve que la distance entre appuis soit de l'ordre de 16 fois la dimension qui joue le rôle de hauteur. Dans le cas d'un matériau anisotrope, les différences paraissent corrélatives des inégalités de résistance au cisaillement suivant les dimensions considérées.

c. Sous cette réserve, les éprouvettes homothétiques, bien que préférables, ne semblent pas indispensables en flexion dynamique, alors qu'elles le sont en flexion statique (comme dans les autres essais statiques), si l'on veut comparer les déformations des différents matériaux.

PHOTOÉLASTICITÉ. — *Sur un torsiographe photoélastique.*

Note (*) de M. **MARCEL BONVALET**, transmise par M. Joseph Pérès.

En raison de l'importance actuelle des mesures torsiométriques, je me suis proposé d'utiliser les propriétés photoélastiques de résines à la mesure des couples instantanés. A cet effet, j'ai utilisé le montage par réflexion, classique depuis Mesnager.

Il s'agissait d'abord de réaliser une couche photoélastique bien régulière sur l'arbre destiné à servir de torsiomètre, et cela, même si cet arbre faisait partie d'un montage conçu à

([3]) H. M. QUACKENBOS Jr, J. M. HILL Jr et C. E. STALL, *A. S. T. M. Bulletin*, 1949, n° 159, p. 56.

(*) Séance du 11 juillet 1955.

de toutes autres fins. A cet effet, j'ai utilisé une résine éthoxylique courante. La polymérisation a été effectuée *à la température ambiante*, en un temps de l'ordre du jour, de façon à éviter toutes contraintes d'origine thermique. Il a suffi de couler, dans un moule coaxial à l'arbre, la résine chargée de catalyseur, sous une épaisseur de 3 mm.

Le dispositif de mesure comporte un illuminateur qui envoie normalement à l'axe de l'arbre un faisceau de lumière polarisée dont le plan de polarisation est parallèle à cet axe. La lumière traverse la résine, se réfléchit à la surface du métal, retraverse la résine, et vient, après passage dans un analyseur, donner l'image de la surface de l'arbre sur la cathode d'une cellule photoélectrique. L'éclairement de celle-ci se trouve donc dépendre des torsions prises par l'arbre. Le courant produit est, après amplification, envoyé dans un oscillographe cathodique.

1. Il existe dans un large intervalle déterminable *a priori* une *relation linéaire entre la torsion de l'arbre et le flux lumineux reçu par la cathode*, ainsi que j'ai pu le vérifier de deux façons différentes.

2. En soumettant le système à des couples périodiques, j'ai pu voir que les courbes donnant le flux lumineux de biréfringence en fonction du couple torseur, étaient indépendantes de la fréquence fondamentale jusqu'à 140 Hz. D'autre part, le couple périodique était appliqué par l'intermédiaire d'un dispositif dérivé de trois barres; de sorte qu'en réalité, il comportait de nombreux harmoniques. La parfaite concordance des courbes relatives aux diverses fréquences fondamentales, permet d'affirmer que la résine suit exactement le couple pour des fréquences nettement supérieures à 600 Hz.

3. J'ai pu mettre en évidence sans difficulté, à la surface du métal des allongements relatifs égaux à 5.10^{-6}. On peut faire mieux encore en employant une cellule plus sensible et en amplifiant davantage.

J'ai appliqué la méthode à un montage courant dans la pratique industrielle. Une pompe à injection débite du gas-oil dans une tuyauterie terminée par un capillaire. La pompe n'ayant pratiquement pas d'inertie, le couple relevé sur l'arbre devait *a priori* être relié linéairement à la pression de la pompe. En enregistrant simultanément en fonction du temps les courbes de torsion de l'arbre reliant la pompe à son moteur et les courbes de pression, j'ai effectivement obtenu des courbes d'allure générale très voisine, et où les amplitudes maximales de pression et les amplitudes maximales de torsion sont rigoureusement proportionnelles.

En conclusion, les résines classiques, et vraisemblablement certaines résines polyesters, actuellement employées à d'autres usages, permettent de réaliser des dynamomètres particulièrement précieux, qui n'exigent aucune modification des pièces en travail, fournissent des indications instantanées, et fonctionnent dans des conditions où d'autres dispositifs se montrent inopérants.

AÉROTECHNIQUE. — *Recherches sur le coefficient de décompression de la loi de décompression.* Note de M. **François Violette**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

Dans une précédente Note ([1]) nous avons établi une relation empirique représentative de la loi de décompression. Des recherches ultérieures nous ont permis de préciser expérimentalement la signification physique du coefficient fixe de cette relation.

Dans une précédente Note ([1]) nous avons montré que l'évolution de la pression dans une cabine qui se décomprime, n'est pas comme certains auteurs l'ont écrit une fonction linéaire du temps, mais s'exprime fort bien par la relation empirique :

$$p = p_a \operatorname{ch} K(t_o - t) \tag{1}$$

où t_o, temps de décompression de la cabine,

t, temps écoulé depuis le début de la décompression,

p, pression instantanée au temps t,

p_a, pression finale,

K, coefficient expérimental exprimé en sec-1.

Poursuivant nos recherches, nous avons cherché à comparer l'équation différentielle d'écoulement tirée de la relation (1) soit :

$$\frac{dp}{dt} = K\sqrt{p^2 - p_a^2}. \tag{2}$$

aux équations théoriques classiques (équation de Bernoulli, équation d'Hugoniot). Cette comparaison permet de se rendre compte que la relation (2) ne peut être réduite à l'équation de Bernoulli, mais que l'équation dite de « régime supersonique » calculée par Hugoniot est assez proche de nos résultats mais exige une variation constante du coefficient K au cours de la décompression.

L'étude de 82 tracés de décompression nous a montré au contraire que le coefficient K était remarquablement constant au cours d'une décompression donnée. Nous avons mesuré avec un soin particulier, la valeur du coefficient K de 24 de ces tracés. Nous avions déjà noté que K était sensiblement proportionnel au coefficient de fuite A/V (rapport de l'orifice de fuite A en m^2, au volume de la cabine V en m^3). Nos nouvelles recherches ont pleinement confirmé ce résultat.

Ainsi K apparaissait être de la forme :

$$K = K'\frac{A}{V}$$

([1]) *Comptes rendus*, **236**, 1953, p. 2213.

et K′ d'après les équations aux dimensions de K et de A/V devait être une vitesse.

La comparaison de K avec la valeur du coefficient homologue de l'équation d'Hugoniot amène à faire l'hypothèse que K doit à une constante près, être de la forme

$$K = \frac{A}{V}\sqrt{\frac{p_a}{\rho_a}}K_c \tag{3}$$

avec ρ_a masse spécifique dans les conditions finales,

K_c étant un coefficient expérimental fixe et sans dimensions ayant la signification d'un coefficient de contraction de veine.

Mais si K est représenté par (3) on doit aussi avoir pour un même coefficient de fuite A/V une même température initiale et un rapport R de la pression initiale p_c à la pression finale p_a, $R = p_c/p_a$

$$K = \frac{A}{V}\sqrt{\frac{p_c}{\rho_c}R^{-\frac{n-1}{n}}}K_c \tag{4}$$

avec ρ_c masse spécifique dans les conditions initiales.

Si donc K est représenté par (3) pour des conditions identiques de coefficient de fuite et de température initiale, K doit être proportionnel à $R^{-\frac{n-1}{2n}}$, seule variable de (4), relation aisée à vérifier expérimentalement.

Si de plus le coefficient K_c ne dépend pas de A/V, on doit aussi avoir

$$\frac{K.R^{\frac{n-1}{2n}}}{\frac{A}{V}} = \text{const.} = \sqrt{\frac{p_c}{\rho_c}}K_c, \tag{5}$$

relation d'où l'on peut tirer K_c.

Or, nous avons trouvé que les 24 coefficients de décompression obtenus dans nos expériences vérifiaient l'équation (5).

On a donc bien comme prévu

$$K = \frac{A}{V}\sqrt{\frac{p_a}{\rho_a}}K_c \qquad \text{avec} \qquad K_c = 0,9 \pm 0,02,$$

valeur tout à fait vraisemblable pour un coefficient de contraction qui nous apparaît remarquablement fixe.

L'équation (1) combinée avec (3) devient alors

$$p = p_a \operatorname{ch} \frac{A}{V}\sqrt{\frac{p_a}{\rho_a}}K_c(t_0 - t), \tag{1'}$$

formule plus satisfaisante que la formule empirique (1) et dont la forme mathématique semble susceptible de conduire à des précisions intéressantes sur la façon dont s'effectue la détente.

ASTROPHYSIQUE. — *Sur la nature physique des étoiles variables à spectre composite, en particulier de AX* Persei. Note (*) de M. **Junior Gauzit**, présentée par M. André Danjon.

On attribue généralement le nom d'étoiles variables à spectre composite à un certain nombre d'astres possédant un spectre singulier, sujet à de fréquentes variations : à un fond continu de la classe K ou M, présentant notamment les bandes d'absorption de TiO, sont superposées des raies d'émission, souvent dues à des atomes fortement ionisés, sur lesquelles l'absorption de TiO ne s'exerce pas. Au cours des récentes années, on a discuté l'hypothèse déjà ancienne, d'après laquelle il s'agirait, en réalité, de systèmes comprenant une étoile rouge, un compagnon très chaud et une enveloppe nébulaire. Menzel ([1]) a pensé à une étoile simple, dont le noyau très chaud ne serait caché que partiellement — vers les pôles ou autour de l'équateur — par une atmosphère froide produisant le spectre de la classe M et serait donc capable d'exciter une enveloppe nébulaire plus éloignée. Mais il paraît difficile d'expliquer, même avec un modèle de ce genre, les corrélations que j'ai récemment mises en évidence en étudiant les variations d'intensité relative des radiations émises par AX *Persei* ([2]).

Cette étude m'a conduit à une conception fort différente : celle d'une étoile K ou M entourée d'une couronne analogue à la couronne solaire, mais comparativement beaucoup plus lumineuse. Dans les deux cas, on observe des raies brillantes émises par des atomes très fortement ionisés et faisant intervenir des potentiels d'ionisation très différents. Il semble surtout que les conditions d'excitation varient d'une manière semblable dans la couronne solaire et dans AX *Persei*. Dans le spectre de cette étoile, les plus fortes ionisations s'observent, en moyenne, d'après ce que j'ai montré, aux moments où la densité est relativement plus grande. Or, dans la couronne solaire la température électronique et la densité diminuent, en gros, dans le même sens. De plus, les « condensations coronales » sont les régions à la fois les plus denses et les plus chaudes, celles où sont observées les raies dues aux potentiels d'ionisation les plus élevées, spécialement la radiation de longueur d'onde 5694 Å, attribuée à Ca XV.

La densité des condensations coronales est, d'après Waldmeier ([3]), 10^3 à 10^4 fois plus grande que celle des régions voisines. Si AX *Persei* est entourée d'une couronne ayant une densité de cet ordre, cette couronne doit être très lumi-

(*) Séance du 19 septembre 1955.

([1]) *Physica*, 12, 1946, p. 768.

([2]) *Comptes rendus*, 241, 1955, p. 741.

([3]) *Astronomische Mitteilungen der Eidgenössischen Sternwarte*, Zürich, n° 146, 1945.

neuse, puisque l'intensité de la lumière émise par unité de volume est proportionnelle au carré de la densité, dans le cas de l'excitation par chocs ou de la recombinaison.

L'étude du spectre de AX *Persei* et de ses variations conduit à admettre quelques autres différences entre la couronne de AX *Persei* et celle du Soleil : la température électronique y est nettement plus basse, de l'ordre de 150 000°K; les conditions physiques s'y modifient plus souvent et plus profondément; les changements se répercutent dans toute la couronne.

Aucun auteur encore, à ma connaissance, n'avait suggéré l'idée que certaines étoiles puissent posséder une couronne plus dense et bien plus lumineuse que la couronne solaire. Par contre, il est maintenant établi que de nombreuses étoiles, précisément des classes spectrales K ou M, présentent des signes d'activité superficielle beaucoup plus importants que le Soleil, en particulier des éruptions chromosphériques. On est tenté d'associer la couronne de AX *Persei* et ses fréquentes variations à une activité de ce type.

RÉSONANCE ÉLECTRONIQUE. — *Un spectrographe hyperfréquence, du type autodyne, pour l'étude de la dispersion en résonance magnétique électronique.* Note (*) de M. **Jacques Hervé**, présentée par M. Louis de Broglie.

Principe. — Considérons un klystron stabilisé par la méthode de Pound ([1]), ([2]) : un dispositif, convenablement réglé, maintient automatiquement l'égalité entre la fréquence d'oscillation du klystron et la fréquence de résonance d'une cavité de référence. Remarquons que si cette fréquence de référence vient à varier légèrement, le dispositif agit encore sur la tension réflecteur de façon à obliger le klystron à suivre la dérive en fréquence de la cavité. La variation de tension réflecteur (de l'ordre du volt par mégacycle pour les klystrons classiques) fournit une mesure commode de la faible variation de fréquence de la cavité. Je propose ici d'utiliser systématiquement cette propriété auxiliaire du montage de Pound pour le transformer en un spectrographe décelant la dispersion magnétique aux hyperfréquences. A cet effet, on place dans la cavité un échantillon paramagnétique que l'on soumet à un champ magnétique extérieur H. La dispersion se traduit par une variation Δf de la fréquence de résonance de la cavité, proportionnelle à la partie réelle χ' de la susceptibilité. On explorera la courbe de dispersion en faisant varier H et en observant la variation de tension réflecteur proportionnelle à Δf.

Réalisation. — Le montage de stabilisation a été décrit dans une Note précé-

(*) Séance du 29 août 1955.

([1]) Montgomery, *Technique of Microwave measurement* (*Radiation Laboratory Series*), p. 58 à 78.

([2]) M. Giraud, *Diplôme d'études supérieures*, 1954.

dente ([3]). On a simplement placé dans la cavité un petit cristal de diphénylpicrylhydrazyle (*fig.* 1). La cavité plonge dans l'entrefer d'un électroaimant; le balayage est obtenu au moyen de bobines alimentées par le secteur alternatif.

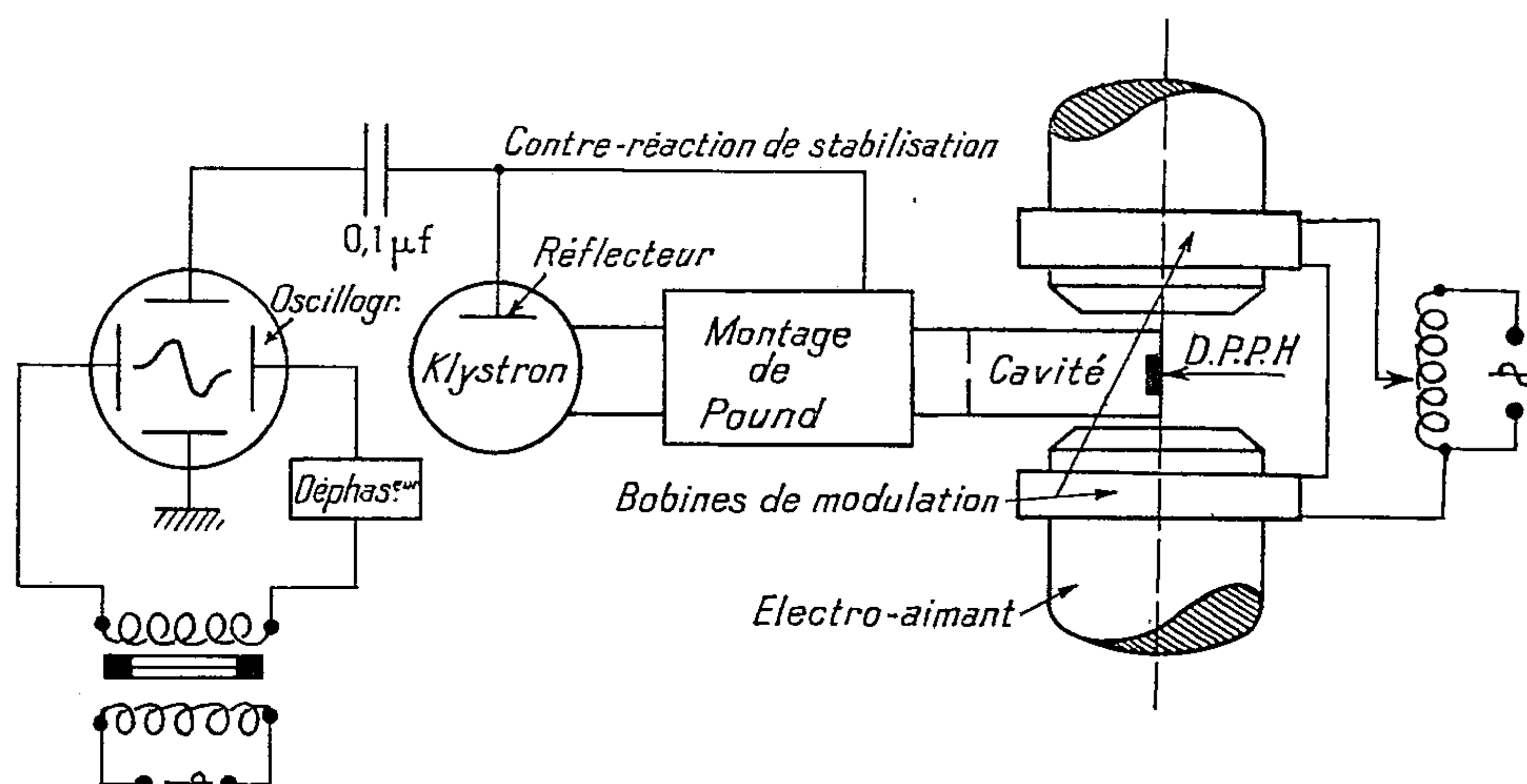


Fig. 1.

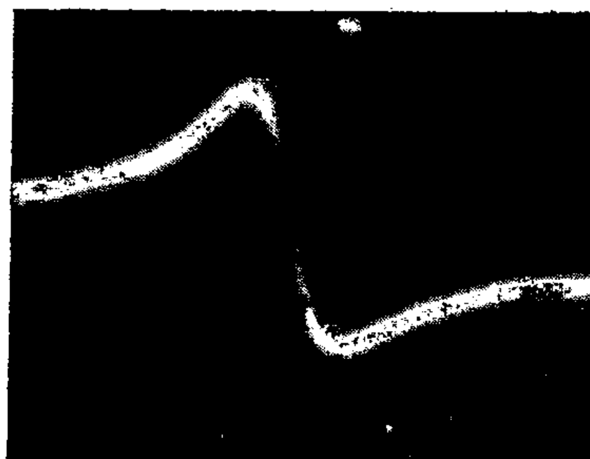


Fig. 2.

On observe à l'oscillographe la variation de tension réflecteur. Le balayage est synchronisé avec le champ magnétique. Un dispositif d'extinction du retour est appliqué au wehnelt. La courbe de dispersion observée sur l'écran est donnée sur la figure 2.

RÉSONANCE NUCLÉAIRE. — *Effet de la pression sur la résonance quadrupolaire nucléaire.* Note (*) de MM. **Daniel Dautreppe** et **Bernard Dreyfus**, présentée par M. Louis Néel.

Une variation de 33 Hz/kg.cm^{-2} de la fréquence de résonance quadrupolaire de Cl_{35} dans p-$C_6H_4Cl_2$ est mise en évidence. Elle s'explique par les variations des fréquences de pivotement avec la pression.

([3]) J. Hervé, *Comptes rendus*, 241, 1955, p. 746.

(*) Séance du 19 septembre 1955.

L'effet de la variation des fréquences Raman avec la température, que nous avions invoqué [1] pour expliquer l'écart entre la théorie [2] et l'expérience, nous a conduits à prévoir un effet de la pression sur la fréquence de résonance [3]. Nous avons donc étudié la variation de la fréquence de la raie Cl_{35} de résonance quadrupolaire dans p-$C_6H_4Cl_2$ (polycristallin) avec la pression, jusqu'à 900 kg/cm^2.

1. *Appareillage expérimental.* — Il est schématiquement représenté sur la figure 1. L'oscillateur est du type autodyne. Son circuit oscillant est constitué par deux selfs en parallèle, l'une située dans la chambre haute pression, l'autre à l'extérieur. Chacune contient un échantillon. Celui de la chambre est enrobé

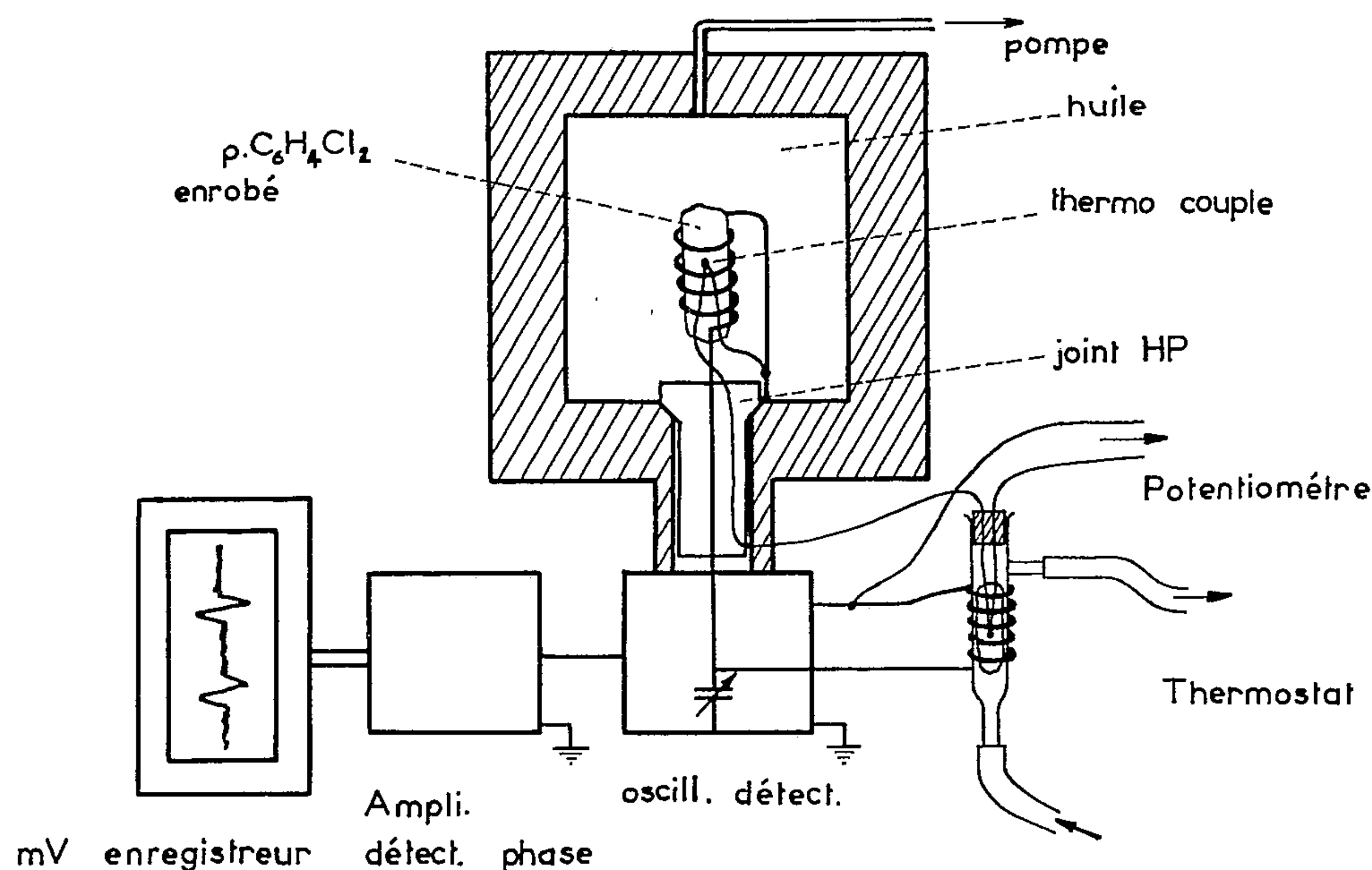


Fig. 1.

de matière plastique pour éviter sa dissolution dans l'huile, l'autre est contenu dans un tube de verre où circule l'eau d'un thermostat (contenance 15 l). La différence de température entre les deux échantillons est mesurée au potentiomètre avec deux thermocouples cuivre-constantan montés en opposition (sensibilité 0,03 °C).

L'oscillateur-détecteur est suivi d'un amplificateur sélectif, puis d'un détecteur de phase alimentant un millivoltmètre enregistreur. Nous obtenons ainsi les dérivées des courbes d'absorption, des échantillons intérieur et

(1) B. Dreyfus et D. Dautreppe, *Comptes rendus*, **239**, 1954, p. 1618.

(2) Bayer, *Z. Phys.*, **130**, 1951, p. 227.

(3) B. Dreyfus et D. Dautreppe, Communication au Colloque Ampère, Paris, mai 1955.

extérieur. Dans nos expériences l'écart de température entre les deux échantillons n'excédait jamais 4° et la température moyenne se situait à 22° C. Pour séparer l'effet de pression de l'effet de température, nous avons utilisé les résultats de Wang et Townes ([4]) : variation de 3,7 kHz/°C entre 20,6 et 26° C. La courbe (*fig.* 2) traduit les résultats pour des expériences répétées à différentes pressions. La valeur moyenne est de + 3,3 kHz pour 100 kg/cm². Il semble qu'il n'y ait pas d'autre élargissement de la raie que celui dû à la faible inhomogénéité de température suivant la compression adiabatique du cristal et de l'huile.

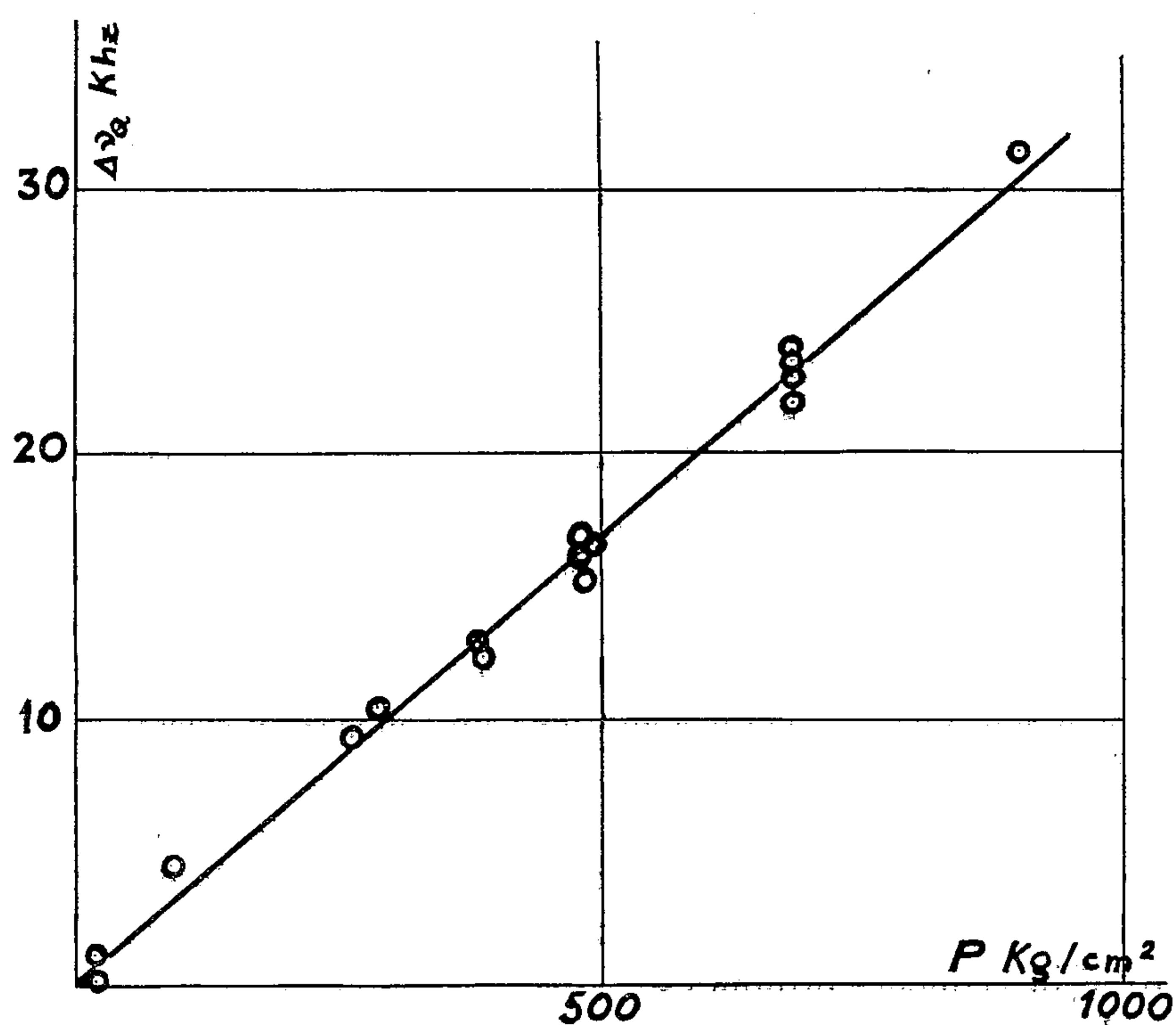


Fig. 2.

2. *Interprétation des résultats.* — Les variations des fréquences Raman avec la pression [déjà observées par Fruhling ([5]) sur le benzène] peuvent se rattacher aux variations avec la température par l'intermédiaire des coefficients de dilatation α et de compressibilité χ.

Avec les notations de ([1]) : $\nu^{Q} = f(\nu_1, \nu_2, \ldots, T)$,

$$\left(\frac{d\nu_Q}{dT}\right)_P = \sum \frac{\partial f}{\partial \nu}\frac{d\nu}{dT} + \frac{\partial f}{\partial T} = A + B,$$

([4]) *Phys. Rev.*, 86, 1952, p. 809.

([5]) *Ann. Phys.*, 6, 1951, p. 401.

$B = \partial f/\partial T$ représente l'effet Bayer ([2]) qui suppose $\nu_1, \nu_2, \ldots$ indépendants de la température. Le premier membre est donné par l'expérience ([1]) et B se calcule aisément d'où A = 1,4 kHz/°C. D'autre part

$$\left(\frac{d\nu_Q}{dP}\right)_T = \sum \frac{\partial f}{\partial \nu} \frac{d\nu}{dP} = C.$$

Si les propriétés macroscopiques du cristal sont assez isotropes pour que les fréquences $\nu_1, \nu_2, \ldots$ ne dépendent que du volume V du cristal on a

$$\frac{d\nu}{dT} = \frac{d\nu}{dV}\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_P \quad \text{et} \quad \frac{d\nu}{dP} = \frac{d\nu}{dP}\left(\frac{\partial \nu}{\partial P}\right)_T,$$

d'où

$$\frac{A}{C} = \frac{\alpha}{\chi} = 4{,}5.10^{-5} \text{ C. G. S.}$$

L'hypothèse précédente n'est certainement pas valable en toute rigueur, mais il se trouve que les deux plus basses fréquences Raman correspondent au même degré de liberté et rendent compte de 75 % de l'effet. On peut donc sans trop de risques appliquer la théorie précédente, si l'on prend les valeurs de α et de χ mesurées pour la direction Ox de la maille. En l'absence de résultats expérimentaux, sur p-$C_6H_4Cl_2$, nous prendrons ceux du naphtalène $\alpha = 3.10^{-4}$ et $\chi = 18{,}5.10^{-12}$ C. G. S., nous trouvons alors $\alpha/\chi = 1{,}6.10^{-5}$ C. G. S. Le résultat diffère d'un facteur 3 avec notre valeur, ce qui est normal étant donnée la structure différente des deux corps, mais l'ordre de grandeur est correct. D'autre part le χ moyen pour p-$C_6H_4Cl_2$ est certainement supérieur au χ suivant Ox, à cause de la structure en plans superposés du cristal.

Il est très difficile d'affirmer qu'il n'y a aucun effet de gradient à cause de la multitude des paramètres entrant en jeu. Toutefois un tel effet s'il existe, est au plus de l'ordre de grandeur de l'effet signalé dans cette Note, et très probablement plus petit à cause du caractère neutre des molécules et de l'effet d'écran des électrons des couches profondes.

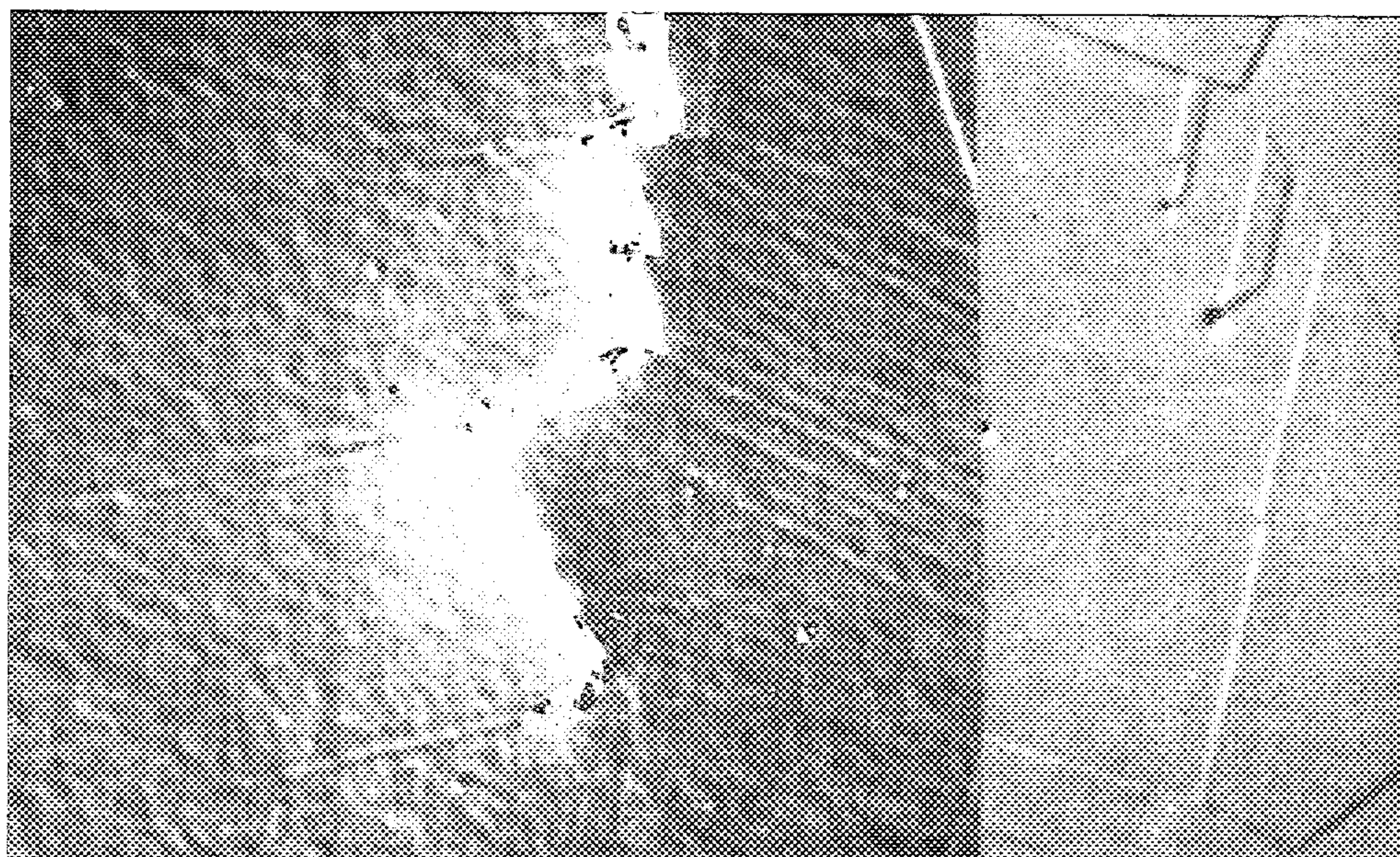
MÉTALLOGRAPHIE. — *Examen en contraste interférentiel de la microstructure fine d'un laiton α rompu sous contraintes alternées.* Note de M. **Pierre A. Jacquet**, présentée par M. Georges Chaudron.

Le dispositif optique du contraste interférentiel à deux ondes polarisées de Nomarski met en évidence une sous-structure dans les grains d'un laiton à 37 % Cu rompu sous contrainte de flexion alternée. On définit les conditions de polissage et d'attaque électrolytiques les meilleures pour ce genre d'examen susceptible de contribuer à la connaissance du mécanisme de rupture par fatigue.

L'attaque anodique dans la solution d'hyposulfite de sodium met remarquablement en évidence les traces de déformations plastiques dans un laiton

à 65-67 % Cu ([1]). Lorsque le degré de déformation augmente, les microdomaines de dissolution sélective en relation avec les dislocations ([2]) deviennent localement trop nombreux pour permettre l'observation des détails sous le microscope optique.

Cette technique nous a cependant donné d'intéressants résultats dans l'étude des modifications structurales au cours d'efforts cycliques répétés (fatigue), mais nous les avons complétés en utilisant conjointement une autre méthode



Laiton à 67,37 % Cu (limite d'élasticité à 0,2 % : 9 kg/mm²). Polissage-attaque et examen en contraste interférentiel de Nomarski. *A droite :* État initial recuit (Gr. = 2000). *A gauche :* Microfissure à 1,5 mm de la cassure et à 20 μ sous la surface d'une éprouvette rompue à 5 866 000 cycles de flexion plane alternée sous 11 kg/mm² (limite d'endurance à 35 000 000 de cycles : environ 9 kg/mm²). Axe de l'éprouvette parallèle au grand côté de la figure (Gr. = 2 500).

d'attaque et le dispositif du contraste interférentiel en lumière polarisée de Nomarski ([3]). On sait que ce dispositif présente l'avantage de révéler entre paliers plans les micro-reliefs de la surface, même s'ils sont de quelques dizaines d'angströms seulement. En examinant ainsi une éprouvette rompue en flexion alternée, puis polie électrolytiquement 15 mn sous les conditions normales, on observe dans la majorité des grains une sous-structure d'extrême finesse qui n'apparaît pas dans l'alliage initial recuit. Le polissage électroly-

---

([1]) P. A. Jacquet, *Comptes rendus*, 237, 1953, p. 1248 et 1332; *Acta Metallurgica*, 2, 1954, p. 752.

([2]) B. G. Bilby, *IIIe Congrès Intern. Cristallographie*, Paris, 1954; *Acta Metallurgica* (à paraître).

([3]) G. Nomarski et A. R. Weill, *Rev. Métallurgie*, 52, 1955, p. 121.

tique suffirait donc pour produire des micro-reliefs en relation avec la qualité de la cristallisation, absolument invisibles en optique courante, y compris e contraste de phase classique, mais situés en deçà des limites de sensibilité du contraste interférentiel. Néanmoins il était désirable d'essayer d'exagérer quelque peu l'intensité de cette attaque tout en lui conservant sa sélectivité.

En étudiant l'effet de certains facteurs du polissage l'on s'aperçoit que des surfaces apparemment équivalentes présentent en réalité des topographies variables. Les différences concernent la nature ondulée du profil et des micro-reliefs en relation avec la microstructure. D'autre part, la mise en évidence des joints intergranulaires n'est pas due à leur attaque privilégiée pendant l'électrolyse, mais à des vitesses de dissolution des grains fonction de leur orientation cristallographique. Les facteurs électriques et la concentration de l'électrolyte en PO_4H_3 sont susceptibles d'agir sur ces vitesses relatives, ainsi d'ailleurs que sur les ondulations, et les mêmes effets se manifestent vis-à-vis des perturbations du réseau de chaque grain.

Pour le but envisagé il s'agissait donc de définir les conditions opératoires provoquant une nette différenciation des microzones intéressées et le minimum de relief ondulé. Le meilleur polissage d'un laiton α recuit est obtenu dans PO_4H_3 à 500-600 g/l (contenant une proportion appréciable de Cu^{++}) au tout début du palier de I. Dans ces conditions, les différences de niveau de grain à grain sont situées vers la limite pratique de sensibilité de la frange noire d'interférence (10 à 15 Å). Si après une telle électrolyse l'intensité est abaissée pendant 2 mn de 3-5 mA/cm² au-dessous de la valeur de l'intensité minimum dans le régime des oscillations précédant le palier, on obtient le gravage désiré.

La figure montre que les grains de l'éprouvette rompue acquièrent, spécialement autour des microfissures, une sous-structure en relation évidente avec les perturbations du réseau décelées par les rayons X. Cette structure fine est absente dans l'alliage à l'état initial, et elle n'est pas identique à celle existant dans le même laiton rompu statiquement.

CHIMIE MINÉRALE. — *Préparation des terres cériques pures par échange d'ions. Utilisation de l'acide éthylène-diamino-tétracétique.* Note (*) de M. JEAN CLAUDE ACHARD, présentée par M. Paul Lebeau.

De nombreuses études ont été effectuées au Laboratoire des Terres Rares du Centre National de la Recherche Scientifique à Bellevue, sur les séparations par échange d'ions, afin d'adapter cette technique à la production de quantités importantes de terres rares pures. A ce point de vue, les essais ont montré

(*) Séance du 19 septembre 1955.

les avantages de l'élution par les acides aminopolyacétiques ([1]). Donnant des solutions plus concentrées en terres rares que les éluants à base de citrate d'ammonium, ils permettent de réduire beaucoup la durée des traitements et de travailler à grande échelle sans que l'encombrement des solutions provenant des élutions ne devienne excessif.

Nous exposons ici les résultats obtenus avec l'acide éthylène-diamino-tétracétique dans la purification du néodyme, du praséodyme et du lanthane. Nous avons utilisé, pour toutes ces séparations, des colonnes de grandes dimensions (1,50 m de hauteur, 0,11 m de diamètre) et une résine échangeuse de cations à base d'acide sulfonique.

1. *Néodyme.* — Les meilleures purifications ont été obtenues par le procédé des colonnes en série ([2]) en réalisant l'étalement des terres rares par une solution à 1 % d'acide éthylène-diamino-tétracétique ajustée à pH 4 par addition d'ammoniaque. Par exemple, nous avons traité sur une batterie de cinq colonnes, 600 g d'oxyde brut à 85 %, contenant comme principales impuretés des oxydes de praséodyme (11 %) et de samarium (3 %). Il a fallu faire passer environ 600 l d'éluant à travers les cinq colonnes en série pour que les produits de tête atteignent la sortie de la dernière colonne. A ce moment, il ne restait plus de terres rares dans la colonne n° 1. Après extraction en solution concentrée des terres rares des autres colonnes, on a constaté que le praséodyme était pratiquement localisé dans la colonne n° 2; les colonnes 3 et 4 contenaient du néodyme de bonne pureté et le samarium était passé en tête dans la colonne n° 5, précédé d'une petite quantité de terres yttriques que l'analyse du produit brut n'avait pas décelée.

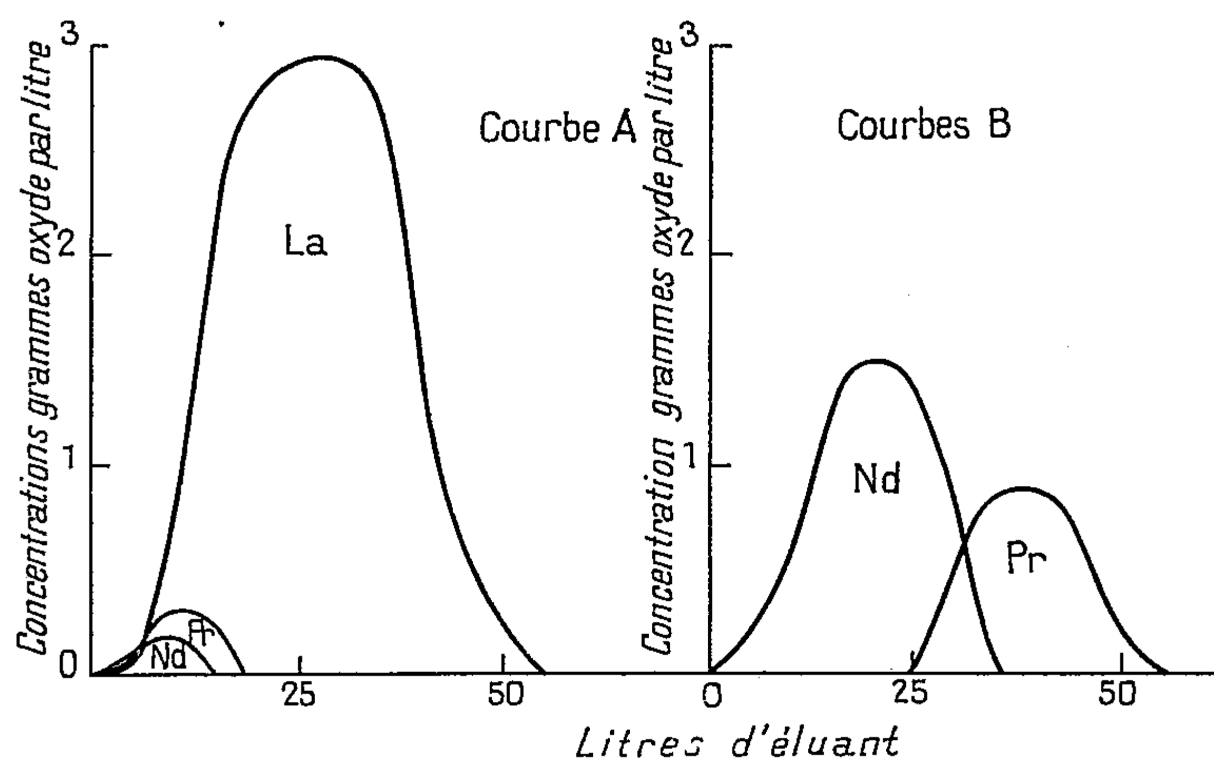
Au total, la purification a donné plus de 200 g d'oxyde de néodyme à plus de 99,8 %, 125 g d'oxyde à plus de 99 % et 100 g à plus de 98 %. L'opération a pu être effectuée en quelques jours, et la seule précaution à prendre est de travailler sur une résine peu acide, pour éviter la précipitation de l'acide organique de la solution éluante.

2. *Praséodyme.* — La purification du praséodyme a été réalisée suivant le procédé classique d'élution sur colonne unique en utilisant également comme éluant une solution à 1 % d'acide éthylène-diamino-tétracétique. Pour éviter d'acidifier la colonne, la fixation se faisait sur une petite colonne annexe que l'on raccordait ensuite à la colonne principale de 1,50 m. On peut traiter jusqu'à 200 g d'oxyde par opération, mais les meilleurs résultats sont obtenus avec des quantités inférieures à 100 g. Par exemple, le traitement de 60 g d'un oxyde de Pr impur (contenant 7,2 % de Nd_2O_3 et 16,6 % de La_2O_3) a donné près de 30 g d'oxyde à 99,8 %; presque tout le lanthane a été retrouvé à l'état très pur (99,8 %) en fin de séparation.

([1]) J. Loriers et D. Carminati, *Comptes rendus*, **237**, 1953, p. 1328; J. Loriers, *Comptes rendus*, **240**, 1955, p. 1537.

([2]) F. Trombe et J. Loriers, *Comptes rendus*, **236**, 1953, p. 1670.

3. *Lanthane.* — Le lanthane prend la dernière place dans l'ordre d'élution des terres rares. Nous avons cherché à exploiter cette position particulière pour obtenir sa purification *sans déplacement* sur la colonne par élimination progressive des autres éléments. Ces conditions peuvent être réalisées avec une solution



éluante faible : 0,5 % d'acide éthylène-diamino-tétracétique et pH 3,3. La figure représente, à titre d'exemple, les résultats obtenus dans a purification d'un mélange contenant 60 % de La, 14 % de Pr et 26 % de Nd. 130 g de cet oxyde ont été traités sur deux colonnes en série. Le déplacement de Nd et Pr a été pratiquement obtenu après passage de 585 l d'éluant. Une solution complexante plus énergique a permis ensuite d'extraire le lanthane de la première colonne où il était resté (courbe A) et les terres rares de la deuxième colonne, ce qui a permis de réaliser accessoirement une très bonne purification de ces impuretés (courbe B). On a obtenu finalement 75 g d'oxyde de La, 18 g d'oxyde de Pr et 32 g d'oxyde de Nd d'une pureté supérieure à 99,6 % dans les trois cas. Le rendement en lanthane aurait été encore meilleur si l'étalement avait été poursuivi un peu plus longtemps.

Ces travaux montrent l'intérêt de l'utilisation de l'acide éthylène-diamino-tétracétique, conjuguée avec l'emploi de techniques d'élution convenablement choisies, pour la préparation de grandes quantités de terres rares pures.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur le polymorphisme de l'oxyde mercurique.* Note de M. Pierre Laruelle, présentée par M. Paul Lebeau.

En préparant l'oxyde mercurique par précipitation lente, on obtient une nouvelle forme cristalline, rhomboédrique, différente de l'oxyde habituel qui est orthorhombique. Cette nouvelle forme se transforme irréversiblement en variété orthorhombique au-dessus de 200°. La maille cristalline de paramètres $a = 3{,}571$ Å, $c = 8{,}667$ Å renferme 3 mol HgO. L'oxyde jaune ne contient pas d'oxyde rhomboédrique.

L'oxyde mercurique HgO se présente sous deux aspects différents : une poudre fine jaune vif, « l'oxyde jaune », préparée en précipitant par une base forte une solution aqueuse d'un sel mercurique; des paillettes orangées, « l'oxyde rouge », obtenues par décomposition vers 350° du nitrate mercurique. Sous ces deux apparences, l'oxyde mercurique ne présente pas de polymorphisme cristallin, comme l'ont montré les travaux de Ostwald ([1]) et de Levi ([2]). La couleur plus ou moins orangée de la poudre est due à une différence dans la grosseur des grains de la même espèce cristalline, orthorhombique, semblable à l'oxyde naturel, la montroydite.

Nous avons préparé de l'oxyde mercurique, par voie humide, en grains beaucoup plus gros, d'après la méthode décrite par Chalchat([3]). Cet auteur ralentit la précipitation de l'oxyde jaune dans les solutions habituellement utilisées, de concentration 0,5 M environ, en les diluant beaucoup, ou en ajoutant dans chacune, avant le mélange, une forte concentration de chlorure ou de bromure de sodium. Les diagrammes de diffraction de rayons X nous ont montré qu'une nouvelle variété d'oxyde mercurique apparaît alors dans le précipité. Cette forme, qui est rhomboédrique, est mêlée à une fraction d'oxyde orthorhombique d'autant plus petite que la précipitation a été plus lente. Pour préparer l'oxyde rhomboédrique pur, bien cristallisé, exempt de variété orthorhombique, il est préférable de partir de solutions de mercuriiodure de potassium. Nous utilisons une solution 0,1 M de ce complexe, contenant un excès d'iodure de potassium à la concentration 0,025 M. En la mélangeant, à 50°, à deux volumes de lessive de soude, on obtient un précipité de couleur rouge grenat, qui apparaît constitué, sous le microscope, de petites sphères de cristaux agglomérés, de couleur orangée.

Ce corps est de l'oxyde rhomboédrique pur (99,7 %) très bien cristallisé, comme le prouvent les diagrammes de rayons X. L'oxyde rhomboédrique peut être obtenu en cristaux bien faits et assez gros, à partir des mêmes solutions, en opérant un peu différemment. Les solutions sont mélangées à 0°, puis réchauffées très lentement. Il se forme ainsi des cristaux bien développés des deux variétés d'oxyde et du complexe 2 HgO.INa. On trie sous le microscope les cristaux d'oxyde rhomboédrique qui ont la forme de petits hexagones plats, de couleur orangée, de 0,1 mm de diamètre environ.

Nous avons essayé, sans succès, de préparer l'oxyde rhomboédrique par oxydation du mercure métallique dans l'oxygène pur, sous une pression de 200 hpz, entre 100 et 195°. Dans ces conditions, il se forme seulement de l'oxyde orthorhombique, et en très petite quantité.

Propriétés de l'oxyde mercurique rhomboédrique. — L'analyse révèle une

---

([1]) *Z. Phys. Chem.*, 34, 1900, p. 495.
([2]) *Gazz. Chim. ital.*, 54, 1924, p. 709.
([3]) *Thèse Doct. Pharm. Paris*, 1934.

proportion de mercure de 92,37 %, alors que la formule HgO permet de calculer 92,61 %. La densité mesurée : $11,14 \pm 0,05$ est sensiblement égale à celle de l'oxyde orthorhombique : 11,2. La maille hexagonale la plus petite a pour dimensions : $a = 3,571$ Å, $c = 8,667$ Å, $c/a = 2,43$. Le cristal appartient au groupe de Laue $\bar{3}m$, et les diagrammes d'oscillation montrent des extinctions systématiques $000l$ pour $l \neq 3n$, mettant en évidence un axe ternaire hélicoïdal. Ces deux faits et la disposition des axes de symétrie binaire par rapport au réseau, nous permettent de conclure à l'un des groupes spatiaux énantiomorphes $P\,3_1 21$ ou $P\,3_2 21$, sans que nous puissions naturellement choisir entre ces deux groupes. La maille contient 3 mol HgO. Il est remarquable que le seul composé de formule RX, appartenant au groupe spatial $P\,3_1 21$-$P\,3_2 21$ est le sulfure de mercure HgS, sous sa forme rhomboédrique, le cinabre, dont la maille a des dimensions voisines de celle de l'oxyde mercurique ([4]).

L'oxyde rhomboédrique se transforme en variété orthorhombique à partir de 200°. A cette température, la transformation est lente et atteint seulement 10 % en 10 jours. Elle s'accélère lorsque la température s'élève au-dessus de 200°. Elle est irréversible.

Relations entre les divers aspects de l'oxyde orthorhombique. — Des cristaux uniques préparés d'une part par précipitation, d'autre part par voie sèche, et des cristaux de Montroydite ont été examinés par la technique de diffraction de rayons X. Tous sont identiques : la maille est deux fois plus grande que celle décrite par Zachariasen ([5]). En utilisant le trièdre de référence de Moses ([6]), qui a le premier donné une description exacte de ce minéral, on trouve $a = 3,513$ Å, $b = 5,504$ Å, $c = 6,592$ Å. La maille contient 4 mol HgO. Le groupe de recouvrement est P*cmn*, dont le symbole universel est P*nma* ou D_{2h}^{16}. Ces résultats sont en accord avec ceux qui ont été trouvés récemment par Aurivillius ([7]).

L'oxyde orthorhombique préparé par voie sèche (vers 350°) ne contient naturellement pas d'oxyde rhomboédrique, puisque ce dernier est instable au-dessus de 200°. Il n'est pas exclu, par contre, que l'oxyde jaune précipité à la température ambiante en contienne quelques centièmes, qui ne seraient pas décelés par les diagrammes de poudre dans les conditions ordinaires. Des diagrammes de diffraction en rayonnement strictement monochromatique montrent que l'oxyde jaune renferme moins de 2 parties pour 100 de forme rhomboédrique (limite de sensibilité de la technique). Il faut utiliser des solutions alcalines et mercurielles 0,05 M pour que leur mélange fournisse un précipité contenant 3 % d'oxyde rhomboédrique, et 0,025 M pour que cette

---

([4]) Mauguin, *Comptes rendus*, 176, 1923, p. 1483.

([5]) *Z. Phys. Chem.*, 128, 1927, p. 421.

([6]) *Z. Kryst.*, 39, 1904, p. 3.

([7]) *Acta Chem. Scand.*, 8, 1954, p. 523.

proportion atteigne 15 % environ. Il est donc vraisemblable que, dans les conditions habituelles de sa préparation, en solution sensiblement 0,5 M, l'oxyde jaune est constitué d'oxyde orthorhombique pur.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Synthèse de quelques dérivés de l'hexahydrobenzothiazolidine. Méthyl-1 thione-2 hexahydrobenzothiazolidines.* Note (*) de MM. **Max Mousseron, François Winternitz** et **René Dennilauler**, présentée par M. Marcel Delépine.

Les méthyl-1 thione-2 hexahydrobenzothiazolidines ainsi que les S-méthyl mercapto-2 hexahydrobenzothiazolines *cis* et *trans* ont été préparées en vue de l'étude de la configuration de la thione-2 hexahydrobenzothiazolidine en milieu alcalin.

La N-méthyl cyclohexénimine-1.2 (IV) provenant du N-méthylamino-2 cyclohexanol *trans*, traitée par l'acide chlorhydrique gazeux, conduit au N-méthylamino-2 chlorocyclohexane *trans* (I). L'action du xanthogénate de sodium sur (I) engendre avec inversion de Walden ([1]), la méthyl-1 thione-2 hexahydrobenzothiazolidine de structure *cis* (II).

En effet, par hydrolyse chlorhydrique, (II) se clive en N-méthylamino-2 cyclohexanethiol *cis* (III), différent de son isomère *trans* (V) obtenu par action de l'acide sulfhydrique sur (IV).

Kiprianov et Pazenko ([2]) ayant constaté une migration S → N du groupement méthyle lors de la pyrolyse de la S-méthyl mercapto-2 benzothiazoline en présence d'iode, nous avons préparé les deux S-méthyl mercapto-2 hexahydrobenzothiazolines *cis* et *trans*. L'isomère *trans* (VII) est obtenu par action du sulfate de méthyle sur le sel sodique de la thiol-2 hexahydrobenzothiazoline *trans* (VI). D'autre part, le xanthogénate de sodium fournit avec la chloro-2 cyclohexylamine *trans*, la thione-2 hexahydrobenzothiazolidine *cis* (IX) par une réaction Sn_2 ; par méthylation au sulfate de méthyle, on atteint la S-méthyl mercapto-2 hexahydrobenzothiazoline *cis* (XII).

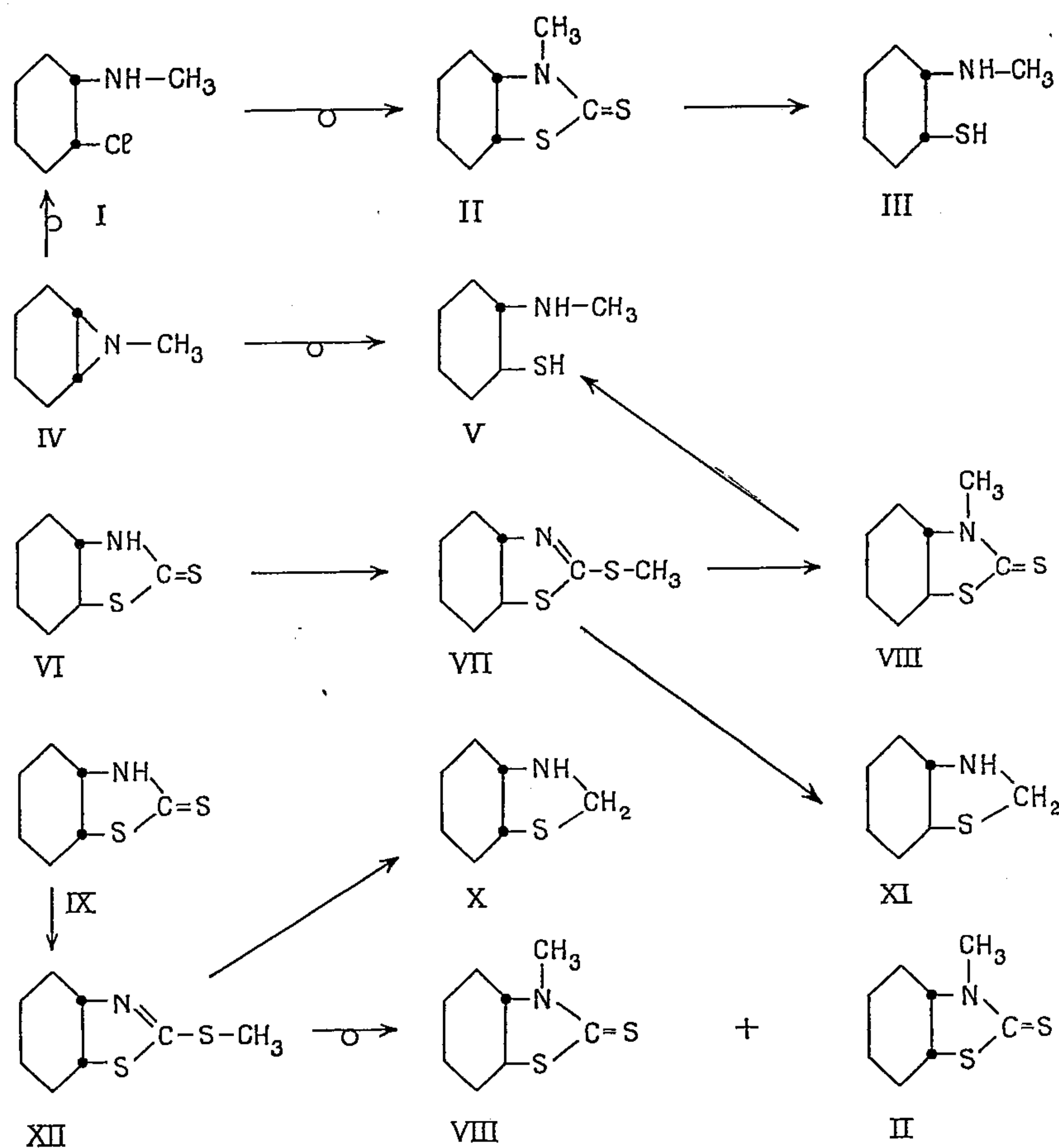
La pyrolyse en présence d'un cristal d'iode, de (VII), engendre la thiazolidine N-méthylée *trans* (VIII). Son hydrolyse conduit au N-méthylamino-2 cyclohexanethiol *trans* (V).

Par contre, il est intéressant de noter que si l'on traite la S-méthyl mercapto-2 hexahydrobenzothiazoline *cis* (XII) par ce même procédé, on constate la formation de deux stéréo-isomères des thiazolidines N-méthylées (II) et (VIII).

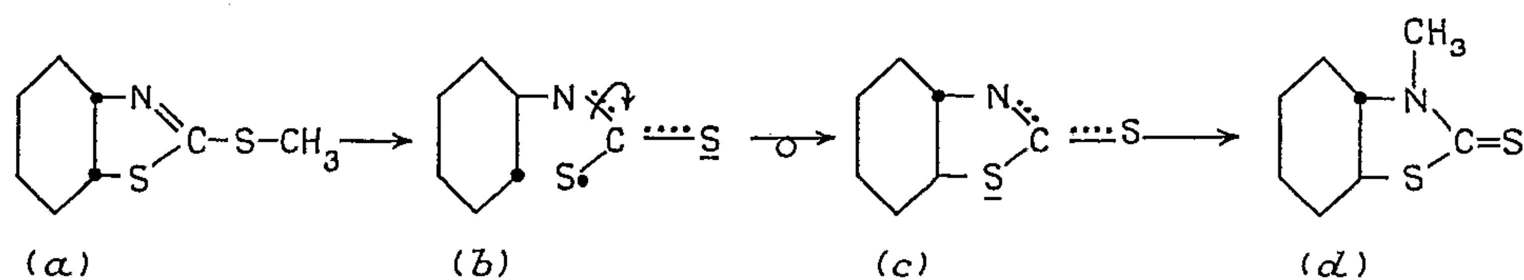
(*) Séance du 12 septembre 1955.

([1]) M. Mousseron, F. Winternitz et R. Dennilauler, *Comptes rendus*, **239**, 1954, p. 278.

([2]) *Chem. Abst.*, **44**, 1950, p. 3487.



L'action de l'iode sur (*a*) conduit aux radicaux CH_3 et (*b*); l'atome de soufre S, par rotation autour de l'axe N — C, vient se fixer sur le cycle pour donner le radical (*c*) *trans*. Le groupement méthyle se fixe ensuite sur l'azote pour donner la méthyl-1 thione-2 hexahydrobenzothiazolidine *trans* (*d*). Dans ce cas, la position (*e* — *e*) *trans* est plus stable que la position (*e* — *a*) *cis*. D'ailleurs le dérivé S-méthylé *trans* (VII) ne donne lieu à aucun phénomène d'inversion lors de sa pyrolyse.



Afin de vérifier cette stéréomutation, nous avons traité la thione-2 méthyl-1 hexahydrobenzothiazolidine *cis* (II) par l'iode à 220°. La fonction thione

bloquant la double liaison, il n'y a pas eu permutation d'atome de soufre autour de l'axe C — N et l'on récupère le dérivés *cis* (II).

D'autre part, la réduction par l'amalgame d'aluminium des deux isomères S-méthylés (VII) et (XII) fournit les thiazolidines correspondantes (XI) et (X) après un abondant dégagement de méthanethiol. Dans le cas des dérivés N-méthylés *cis* (II) et *trans* (VIII), il ne se produit aucun dégagement de méthanethiol, prouvant par là que le groupement méthyle se trouve dans un cas lié au soufre, dans l'autre, à l'azote.

L'analyse spectrale montre deux maximums d'absorption (280 et 330 mμ) pour les N-méthyl-1 thione-2 thiazolidines ainsi que pour les thione-2 hexahydrobenzothiazolidines en milieu neutre. Les S-méthyl mercapto-2 thiazolines *cis* et *trans* ont un maximum d'absorption à 230 mμ.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Condensation de dérivés carbonylés α-éthyléniques en milieu hétérogène : oxyde de mésityle, aldéhyde crotonique.* Note de MM. **Joseph Wiemann, Louis Martineau** et **Jacques Tiquet**, présentée par M. Marcel Delépine.

La condensation de l'aldéhyde crotonique sur de la baryte ou de la chaux conduit à l'aldéhyde orthotoluique (Rdt 40 %) et de faibles quantités d'aldéhyde orthodihydrotoluique; l'oxyde de mésityle donne de l'isophorone et des xylitones de structure différente de celles connues.

La condensation de l'oxyde de mésityle (ou de l'acétone) a déjà été faite dans de nombreuses conditions expérimentales en phase homogène ([1]) ou hétérogène ([2]); elle conduit à l'isophorone et à des xylitones; l'aldéhyde crotonique a de même été condensé en octatriénal, aldéhyde dihydrotoluique ([3]) et dimère de l'aldéhyde crotonique ([4]) en milieu homogène.

Nous avons étudié les condensations de ces dérivés carbonylés α-éthyléniques en milieu hétérogène pour essayer d'obtenir des produits d'une façon plus sélective.

L'oxyde de mésityle nous a donné par passage sur la baryte vers 150° C un dérivé barytique qui précipite en partie dans le produit entraîné; la distillation du produit donne 10 % d'isophorone ($É_{14}$ 90°; $n_D^{21,5}$ 1,4785; C % 77,9; H % 10,2 pour 78,2 et 10,14; semicarbazone F 180-182°, ne donnant pas d'abaissement du point de fusion avec un échantillon préparé à partir d'une isophorone commerciale), 30 % de xylitone ($É_{14}$ 124-126°; n_D^{22} 1,510) donnant une semi-

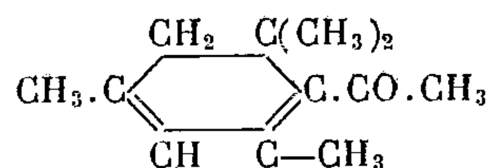
([1]) *Voir* par exemple Knoenvenagel et Coll., *Ber.*, 39, 1906, p. 3441, 3451, 3467 et Conia, *Comptes rendus*, 240, 1955, p. 1545.

([2]) H. Midorikawa, *Repts. Sc. Research Inst. Japan*, 24, 1948, p. 405 et nombreux brevets.

([3]) Bernhauer et Irrgang, *Lieb. Ann.*, 525, 1936, p. 43.

([4]) Delépine et Coll., *Ann. de Chim.* (12°), 10, 1955, p. 5.

carbazone, qui se purifie facilement et fond à 149-150°; il y a ensuite des produits distillant plus haut. Nous avons donc ici une condensation particulière, en effet, on ne trouve guère les xylitones et isoxylitones connues, et notre produit donne facilement par l'iode et un alcali à froid de l'iodoforme; il pourrait avoir la structure cyclique :



correspondant à l'aldéhyde dihydrotoluique obtenu à partir de l'aldéhyde crotonique.

L'aldéhyde crotonique par la baryte ou la chaux, dans des conditions analogues, a conduit à l'aldéhyde ortho-toluique avec un assez bon rendement (40 % à 300°), $É_{12}$ 80-81°, n_D^{20} 1,5475; D_4^{20} 1,0342, semicarbazone F 200-201°, oxime F 48-48°,5. On a pu caractériser en même temps de l'aldéhyde dihydrotoluique; il se pourrait donc que cette condensation soit analogue à celle étudiée en milieu homogène par la baryte et d'autres agents qui a permis d'obtenir de l'aldéhyde dihydrotoluique avec un rendement de 10 % ([3]). Dans les conditions de l'expérience la déshydrogénation de l'aldéhyde dihydrotoluique se ferait ensuite facilement.

En résumé, la condensation en milieu hétérogène de dérivés carbonylés α éthyléniques conduit dans les conditions indiquées d'une façon assez sélective à des produits de condensation de deux molécules de ces dérivés; une étude plus détaillée est en cours; les détails, en particulier expérimentaux seront donnés dans un autre recueil.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'emploi de la réaction de Delépine pour la synthèse des amines primaires halogénées et des diamines primaires.* Note (*) de Mme **Andrée Marszak-Fleury**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

Comme le dichloro-1-4 butyne-2, le dichloro-1-4 butène-2 et le dibromo-1-4 butane se combinent en solution chloroformique avec une molécule d'hexaméthylène tétramine et fournissent les chlorhydrates de chloro-1 amino-4 butène et bromo-1 amino-4 butane. En solution dans l'alcool méthylique, le dichloro-1-4 butyne s'est combiné avec deux molécules d'hexaméthylène tétramine et a fourni le diamino-1-4 butyne.

Dans des Notes précédentes ([1]), nous avons exposé les premiers résultats de nos recherches sur la préparation des amines acétyléniques par la réaction de Delépine ([2]).

(*) Séance du 17 août 1955.

([1]) *Comptes rendus*, 241, 1955, p. 704 et 752.

([2]) *Comptes rendus*, 120, 1895, p. 501; 124, 1897, p. 292; *Bull. Soc. Chim.*, 17, 1897, p. 290; M. Delépine et Jaffeux, *Bull. Soc. Chim.*, 31, 1922, p. 108.

Nous avons vu, en particulier, que lorsqu'on réalise cette réaction avec le dichloro-1-4 butyne-2 en milieu chloroformique, un seul atome de chlore se trouve engagé et qu'on obtient ainsi le chlorydrate de chloro-1 amino-4 butyne-2 $ClCH_2C{\equiv}CCH_2NH_2$, HCl.

Cette méthode offrant des facilités pour la synthèse des amines chlorées acétyléniques, nous avons cherché s'il ne serait pas intéressant de l'appliquer à la préparation des amines halogénées éthyléniques et même, éventuellement, à celle des amines halogénées saturées.

Notons ici que nous n'avons trouvé dans les périodiques chimiques aucun travail sur l'application de la réaction de Delépine aux composés dihalogénés, sauf une brève indication dans un livre paru récemment (3) et dont nous venons de prendre connaissance, au sujet d'une communication orale au cours d'une réunion de la Société Chimique Américaine concernant, en particulier, la préparation du bromo-3 amino-1 propane.

Parallèlement à ce que nous avions observé pour le dichlorobutyne, nous avons vu que le dichloro-1-4 butène-2 se combinait avec l'hexaméthylène tétramine dans le chloroforme et vers 60° en n'intervenant que par une de ses fonctions halogénées et fournissait une combinaison cristallisée :



$$ClCH_2CH{=}CHCH_2Cl,\ C_6H_{12}N_4.$$

Cette dernière, décomposée par l'acide chlorhydrique hydroalcoolique, à chaud, a donné le chlorhydrate de chloro-1-amino-4 butène-2



$$ClCH_2CH{=}CHCH_2NH_2,\ HCl$$

produit cristallisé, F 123° à partir duquel nous avons eu le chloro-1 acétamino-4 butène-2 visqueux, $ClCH_2CH{=}CHCH_2NHCOCH_3$, qui, par action de triméthylamine, a fourni un dérivé quaternaire bien cristallisé, le chlorure de triméthyl ammonium-1 acétamino-4 butène 2



$$Cl(CH_3)_3NCH_2CH{=}CHCH_2NHCOCH_3, \qquad F\ 158°.$$

En ce qui concerne les produits saturés, nous n'avons pu réussir à faire agir le dichlorobutane sur l'hexaméthylène tétramine dans le chloroforme, à température de 60° avec de bons rendements. Mais, par contre le dibromobutane a fourni plus facilement la combinaison $BrCH_2CH_2CH_2CH_2Br$, $C_6H_{12}N_4$. La décomposition de cette dernière a donné le chlorhydrate de bromo-4 amino-1 butane $BrCH_2CH_2CH_2CH_2NH_2$, HCl, produit cristallisé mais très hygroscopique. Nous avons préparé le picrate de l'amine correspondante F 126° qui avait été décrit par Blank (4) puis J. Von Braun (5).

(3) Surrey, *Name Reactions in organic chemistry* (Ed. Academic Press Inc. Publishers N. Y., 1954, p. 52); Indication sur une communication orale faite par L. H. Amundsen et A. M. Pulito à la CXVIIIe Réunion de l'American Society à Chicago, 1950.

(4) *Ber.*, 25, 1892, p. 3044.

(5) *Ber.*, 39, 1906, p. 4121.

Il nous a paru intéressant alors, de voir si, en modifiant les conditions, on ne pouvait pas obtenir directement les diamines à partir des halogénures correspondants.

A cette fin, nous avons exécuté la réaction de Delépine avec le dichloro-1.4 butyne-2, non dans le chloroforme, mais dans l'alcool méthylique, dans lequel la combinaison d'une molécule de dihalogénure et d'une molécule d'hexaméthylène tétramine est soluble.

En abandonnant plusieurs jours à température ambiante une solution méthylique de 2 mol d'hexaméthylène tétramine pour 1 mol de dichlorobutyne, nous avons effectivement obtenu, avec un bon rendement, une combinaison qui, d'après l'analyse, contenait sensiblement 2 mol d'hexaméthylène tétramine pour 1 mol de dichlorobutyne. En la décomposant à froid par un mélange d'acide chlorhydrique et d'alcool méthylique, on parvient à isoler, avec un rendement de l'ordre de 35 %, le dichlorhydrate de diamino-1.4 butyne-2 $H_2NCH_2C \equiv CCH_2NH_2$, 2HCl, produit bien cristallisé qui, par action du picrate de soude fournit le dipicrate correspondant (décomposition vers 250°), La décomposition du chlorhydrate par la lessive de soude a permis de retrouver la base $H_2NCH_2C \equiv CCH_2NH_2$ déjà signalée par A. W. Johnson ([6]). F 50° ; $É_{16}$ 96°. Ainsi il apparaît que la réaction de Delépine appliquée aux dihalogénures permet d'aboutir soit aux amines halogénées, soit aux diamines, selon le milieu réactionnel choisi.

Nos recherches sur la synthèse et les réactions de ces composés, aussi bien non saturés que saturés, sont poursuivies.

MINÉRALOGIE. — *Influence de la température sur la vitesse de formation de l'antigorite nickelifère.* Note de Mlle **Simonne Caillère**, MM. **Stéphane Hénin** et **Jacques Esquevin**, présentée par M. Charles Mauguin.

Des antigorites nickelifères ont été préparées à des températures variant entre 55 et 100°. Les résultats obtenus se groupent approximativement autour d'une droite $\log k = (A/T) + B$. En extrapolant les données expérimentales on en conclut que entre 0 et 100° la vitesse de formation varie de 1 à 560.

Il a été établi que l'on pouvait reproduire les minéraux phylliteux et en particulier les antigorites nickelifères à partir d'une solution, contenant des ions Ni, maintenue à l'ébullition dans un ballon de pyrex ([1]). Dans ces conditions la silice est fournie par le récipient lui-même. On constate, d'ailleurs, que le produit se forme en minces couches qui se détachent des parois en donnant des feuillets, plus ou moins enroulés, entraînés dans la masse de liquide par les courants de convexion qui naissent dans la solution.

([6]) *J. Chem. Soc.*, 1946, p. 1009.

([1]) S. Caillère, S. Hénin et J. Esquevin, *Comptes rendus*, 239, 1954, p. 1534.

Ce dispositif expérimental nous a paru très approprié pour étudier l'influence de la température sur la vitesse de formation des minéraux argileux. Dans ce but, des solutions de même composition ont été maintenues à des températures constantes comprises entre 55 et 100°. Les produits formés ont été pesés après chaque essai. D'autre part nous avons vérifié qu'il s'agissait toujours d'antigorite. Les quantités recueillies en huit jours ont été les suivantes :

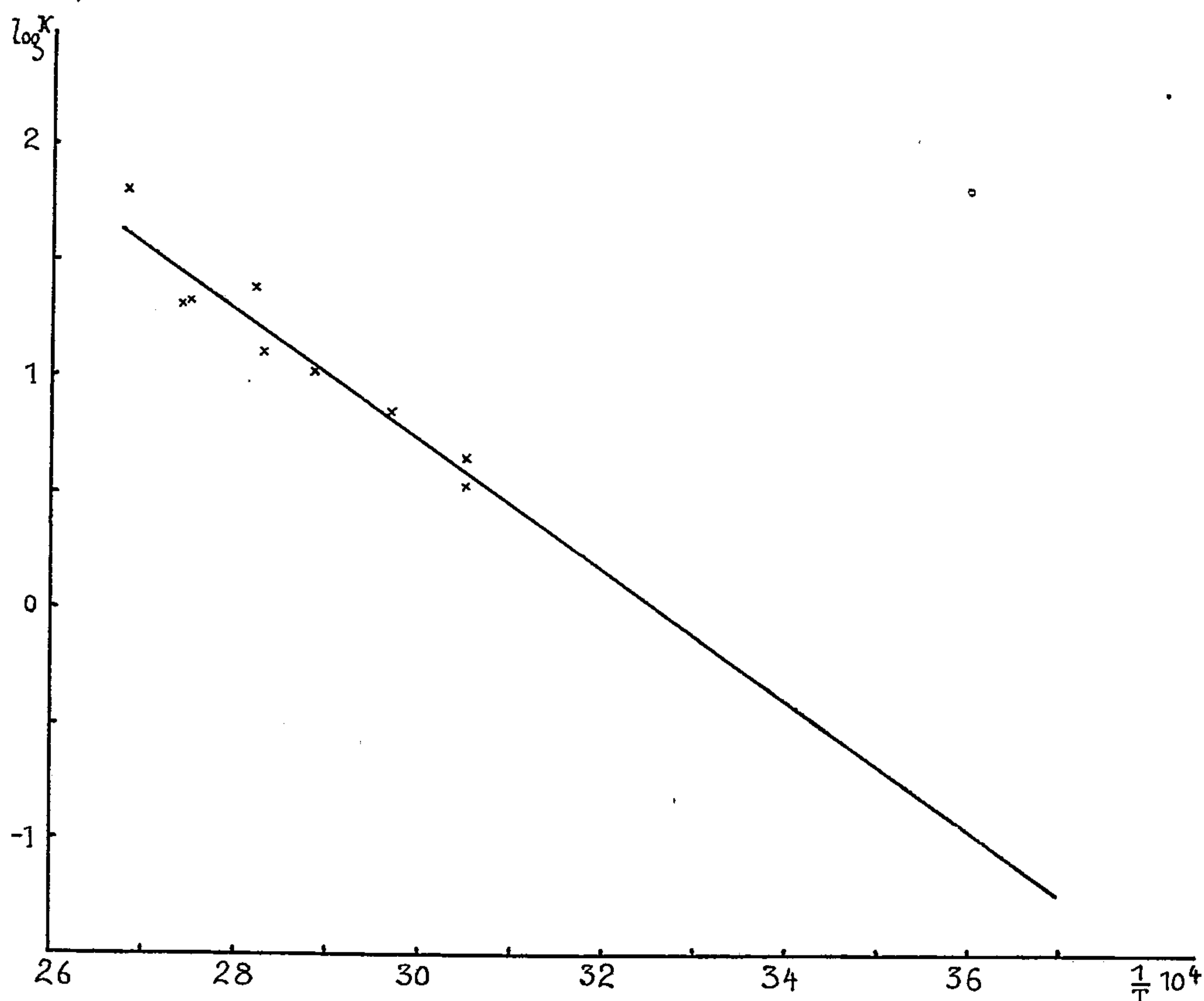
100°	517 mg 500	82°	153 mg
92°	162	65°	55
90°	168	55°	35 27

Comme la synthèse devient de plus en plus laborieuse au fur et à mesure que la température s'abaisse, nous avons cherché à extrapoler ces résultats. Il fallait pour cela relier l'ensemble des points obtenus par une relation simple.

Nous avons essayé une formule de type :

$$\log k = \frac{A}{T} + B, \qquad \text{où} \quad k = \frac{\Delta m}{\Delta t},$$

Δm étant la quantité de produit formé dans le temps t, T la température absolue, A et B deux constantes.



Le graphique ci-avant où la valeur de $\log k$ est exprimée en fonction de $1/T$ montre que les points se groupent autour d'une droite. Comme nous avons toujours opéré aux mêmes concentrations et que d'autre part les quantités de substances recueillies ont toujours été faibles par rapport à celles des produits introduits dans le ballon, k serait proportionnel à la vitesse de réaction et où l'on retrouverait ainsi approximativement la loi d'Arrhenius.

L'extrapolation graphique permet d'évaluer les ordres de grandeur suivants, pour les vitesses de formation, toutes choses restant égales par ailleurs. Si le phénomène a la vitesse 1 à 0°, la vitesse sera 2,3 à 10°, 5 à 20°, 10 à 30°, 20 à 40°, et 570 à 100°.

En dépit de la dispersion des points expérimentaux, ces valeurs ne sont probablement pas éloignées de la réalité. En effet, une expérience effectuée à 20° a permis d'obtenir à partir d'une solution contenant du silicate de sodium dans laquelle s'écoulait du chlorure de magnésium, 0,33 mg de montmorillonite par jour. Nous aurions évalué à 0,372 mg la quantité d'antigorite formée à cette température.

Nous pouvons donc conclure que la méthode expérimentale utilisée donne des résultats comparables aux conditions qui se manifestent dans les zones superficielles du globe terrestre. Les températures correspondant aux climats extrêmes modifient les vitesses de réaction dans le rapport de 1 à 10 ou 15. Quand on passe de la température moyenne de la France soit 10° à une température correspondant à un milieu hydrothermal, par exemple 100°, la vitesse de réaction devient 250 fois plus grande.

GÉOLOGIE. — *Sur l'Oxfordien supérieur et l'Argovien dans l'Est du Bassin de Paris.* Note de M. **Pierre L. Maubeuge**, transmise par M. Paul Fallot.

Depuis plusieurs années, je me suis astreint à lever la plupart des profils géologiques visibles dans l'Oxfordien et l'Argovien de l'Est de la France depuis Dun-sur-Meuse au Nord, jusqu'à l'Ouest de Châtillon-sur-Seine, au Sud. Quelques résultats généraux peuvent déjà être énoncés à ce propos.

Une série de difficultés d'ordre paléontologique régnait jusqu'ici quant à ces étages. On voit communément citer la présence de *Perisphinctes* (*Arisphinctes*) *plicatilis* Sow., dans l'Argovien, aussi bien que dans l'Oxfordien (zone à *Cardioceras cordatum*); de plus, un certain nombre d'espèces possédant une valeur d'indices stratigraphiques étaient citées à des niveaux variables dans le Jurassique supérieur. Enfin, des formes comme *Gregoryceras transversarium* sont rarissimes en Lorraine septentrionale et centrale, mais me sont apparues très fréquentes depuis le Nord de Chaumont jusque vers Châtillon-sur-Seine. Or, cette espèce trouvée uniquement dans l'Argovien ne semblait

pas, sur la base de l'étude paléontologique de de Riaz, posséder dans l'Isère une répartition si étroitement limitée puisque *Ar. plicatilis* l'accompagnait.

C'est l'étude de W. J. Arkell (1) qui a permis de mettre au net les problèmes paléontologiques en suspens à ce propos, par une connaissance très détaillée des faunes d'Ammonites argoviennes et oxfordiennes. Ainsi, on possède une bonne étude de la forme *Ar. plicatilis*, avec refiguration du type, et une distinction de nombreuses espèces de *Perisphincitidæ* dans l'Argovien. Cet auteur a aussi révisé les déterminations de de Riaz.

J'ai démontré (2) que l'Argovien commençait dans l'Est de la France avec la zone à *Ochetoceras canaliculatum*; ceci est valable bien plus au Sud-Ouest jusqu'à Châtillon-sur-Seine, où la zone est représentée à la base par les « Marnes à Spongiaires »; rarissime en Lorraine centrale, *Gr. transversarium* abonde à côté d'*Och. canaliculatum* à partir du méridien de Chaumont. A ces deux espèces, on peut ajouter dans les régions méridionales des formes communes : *Discosphinctes cautisrufæ* Arkell; *Trimarginites arolicum* Opp.; *Euaspidoceras ægir* (Opp.) (probablement *Amm. Babeanus* Royer et Tombeck.); *E. Riazi* Collot; *E. Tietzei* Neumayr (très fréquent); *Greg. Romani* de Gross. (très rare). C'est la faune typique que l'on trouve dans les « Marnes du Mont » prés de Latrecey (Haute-Marne). Aucun *Ar. plicatilis* n'a jamais été trouvé dans l'Argovien, et toutes les formes de Perisphinctidæ à côtes denses et fines, maintenant distinguées comme des espèces bien définies, ont été systématiquement baptisées *plicatilis* par les anciens Auteurs et mêmes les contemporains.

Contrairement à ce que pensait J. Wohlgemuth (3) (p. 236, 306 et suiv., etc.) les « Marnes à Spongiaires », les « Marnes du Mont » sont donc bien synchroniques du « Glypticien » de la Meuse, c'est-à-dire du faciès coralligène et marneux de l'Argovien.

Perisphinctes martelli Opp., bonne espèce de l'Argovien, n'apparaît guère que dans les régions méridionales. Plusieurs espèces de *Goliathiceras*, genre jamais signalé, y ont été aussi remarquées. *Perisphinctes variocostatus* Buckl., certain, ne m'est pas encore apparu dans l'Argovien, mais seulement dans le Rauracien.

Dans le Châtillonnais (4), la mince couche de minerai de fer oolithique partout présente sous l'Argovien renferme une faune remarquable du Callovo-oxfordien, jusqu'à la zone à *cordatum*. C'est donc plus au Nord qu'il faut chercher une série plus complète et normale : du Nord de Chaumont à Dun-sur-Meuse, l'Argovien repose tantôt sur les « Chailles », tantôt sur un minerai

(1) *Geol. Mag.*, 33, 3, 1946, *Pal. Soc.*, 1936-1948, 14 fasc.

(2) *Revue Ind. Minérale*, n° 611, 35, Août 1954.

(3) *Bull. Soc. Sc. Nancy;* 6, fasc. XV; 1883.

(4) P. L. Maubeuge, *Bull. Soc. Belge Géol. Pal. et H.*, 64, 1955, p. 38-44.

de fer oolithique marneux, à faunes identiques. Si *Cardioceras cordatum* Sow. typique, est rare, d'autres espèces du genre, et des formes satellites pullulent : *Ar. plicatilis* est peu fréquent, mais quelques représentants typiques (W. J. A. conf.) ont été trouvés tant dans le minerai qu'à l'extrême sommet des « Chailles ». *Per. antecedens* Salf. et *Per. cotovui* Simion. sont également des formes de ce niveau, mais semblent monter aussi dans l'Argovien en Haute-Marne. L'Argovien de cette région montre aussi deux espèces jamais encore signalées ici : *Discosphinctes cautisrufæ* Ark. et *Arisphinctes maximus* Y et B. On recueille aussi *Per. chloroolithicus* Gümbel, *Kranaosphinctes decurrens* Buckm, *Peltoceratoides pseudoconstantii* Prieser, *Cardioceras burgundica* Maire, *Goliathiceras capax* Y et B, *Subvertebriceras Zenaidæ* Ilov. (Ark.) *Euaspidoceras cf. choffati* de Loriol, etc., (dét. W. J. A.); on y ajoutera toutefois comme autres formes caractéristiques : *Properisphinctes bernensis* de Lor. et *Parawedekindia arduennense* d'Orb. Il existe donc bien, en résumé, sous l'Argovien, un niveau caractérisé par *Card. cordatum* et *Ar. plicatilis*, terminant l'Oxfordien au sens français. L'Argovien commence au-dessus, avec la zone *Och. canaliculatum* et *Greg. transversarium*.

Il est à noter, enfin, que du point de vue pétrolier, la série argovienne, puis, en allant vers le Sud-Ouest, les séries rauracienne et séquanienne elles aussi, prennent un faciès marneux, formant couverture sur un Callovien inférieur calcaire, avec absence du Bathonien ([4]) : ces faits se manifestent immédiatement à l'Ouest de Chaumont. Plus au Nord, avec une série normale, c'est donc le Callovo-oxfordien argilo-marneux, qui forme la couverture du Bathonien calcaire.

SÉDIMENTOLOGIE. — *Apports sédimentaires en suspension dans la Loire pendant l'année* 1954. Note (*) de M. **Léopold Berthois**, présentée par M. Pierre Pruvost.

Les dosages de sédiments en suspension dans les eaux de la Loire, en amont de Nantes, confirment et précisent de précédentes mesures montrant l'importance des apports du fleuve, apports se produisant principalement en période de crue.

Une première évaluation du tonnage des sédiments apportés par la Loire en 1953 ([1]) était basée sur des prélèvements d'eau faits périodiquement, à 1 m de profondeur, à Mauves, Oudon et Ancenis. La comparaison des teneurs en suspension des eaux recueillies dans ces trois localités a montré que, pour un même débit fluvial, ces teneurs, à 1 m de profondeur, étaient sensiblement égales, aux erreurs de dosage près.

(*) Séance du 22 août 1955.

([1]) L. Berthois et M. Barbier, *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 1865.

Pendant toute l'année 1954 et le début de 1955, les prélèvements ont été poursuivis à Mauves. Les échantillons ont été prélevés à 1 m de la surface, à mi-profondeur et à 1 m du fond, sauf en période de grand étiage pendant lesquelles la hauteur d'eau était insuffisante pour permettre trois prélèvements superposés.

Comme en 1953, j'ai utilisé les relevés quotidiens de la cote du fleuve à Montjean (près Ancenis) faits par le Service des Ponts et Chaussées de la Loire Inférieure, ainsi que les jaugeages qui ont permis de tracer la courbe de débit du fleuve en mètres cubes par seconde en fonction de la hauteur d'eau relevée à Montjean chaque jour à midi.

A l'aide de ces données et des dosages des teneurs en suspension, j'ai construit une nouvelle courbe représentant la teneur en suspension en fonction du débit du fleuve (*voir figure*).

La courbe résultant des mesures de 1954-1955 diffère peu de celle précédemment obtenue (mesures de 1952-1953). Elle confirme donc les données précédemment acquises et exposées dans la Note précitée.

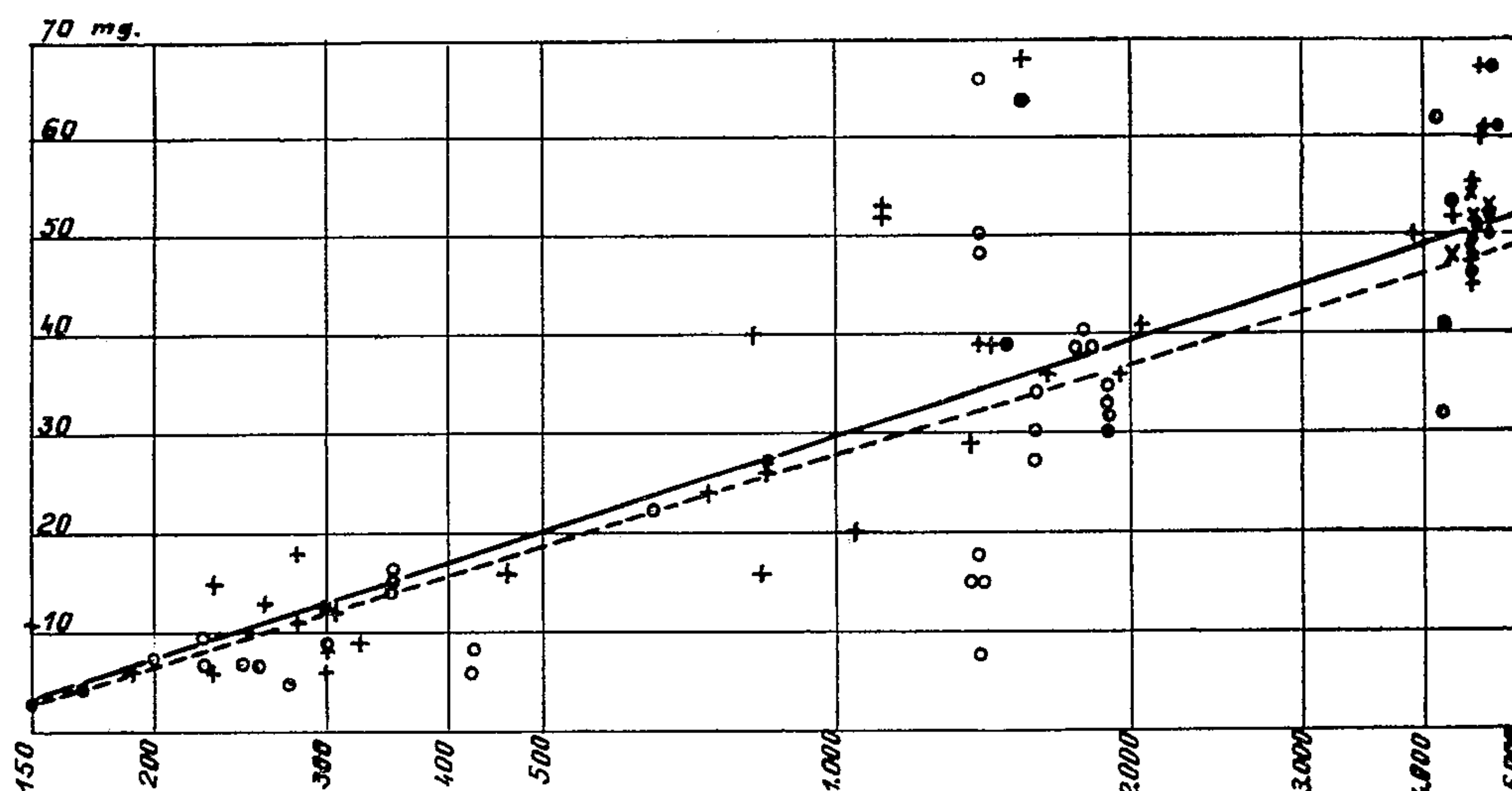
Le calcul des débits et des tonnages de sédiments fins apportés en suspension, à donné les résultats suivants :

	Débit (m^3).	Poids des sédiments apportés (tonnes métriques).
Janvier	1 274 800 000	25 816
Février	2 071 500 000	59 376
Mars	4 176 200 000	151 993
Avril	3 091 300 000	103 564
Mai	1 310 300 000	26 119
Juin	884 200 000	13 119
Juillet	503 800 000	3 268
Août	479 000 000	3 391
Septembre	881 100 000	12 715
Octobre	720 800 000	8 300
Novembre	842 600 000	11 894
Décembre	2 702 500 000	82 911
	18 938 100 000	502 466

En 1954, la Loire n'a pas atteint un niveau aussi élevé qu'en 1953 (cote à Montjean-Ancenis : 5,46 m le 1er janvier 1953), cependant des débits importants se sont maintenus pendant d'assez longues périodes au début de 1954.

En 1954, le débit du fleuve avait été de	18 938 100 000 m^3
En 1953, il a été de	17 313 640 000 m^3
En 1954, le tonnage apporté en suspension est de	502 466 t
En 1953, il était de	421 891 t

L'excédent de 80 575 tonnes résulte, d'une part de l'augmentation du débit et, d'autre part, de la rectification de la courbe de relation entre le débit et les sédiments fins transportés en suspension.



Abscisses : Débit du fleuve en mètres cubes par seconde; Ordonnées : Poids de sédiment sec en milligrammes par litre; ○ : Mesures de 1952-1953; + : Prélèvements à 1 m de la surface; × : Prélèvements à mi-profondeur; ● : Prélèvements à 1 m du fond; Courbe pointillée, d'après les mesures de 1952-1953; Courbe trait plein, d'après les mesures de 1954-1955.

Il est à noter que, pendant les deux périodes de hautes eaux (mars et avril 1954), le fleuve a apporté 255 557 tonnes de sédiments, soit plus de la moitié du total apporté dans l'année. Ceci confirme l'importance des crues dans les apports fluviaux, déjà signalée dans la Note précitée.

PÉDOLOGIE. — *Influence du plan d'eau sur la précipitation d'éléments minéraux dans le sol.* Note de M. **René Betremieux**, présentée par M. Maurice Lemoigne.

La précipitation de certains éléments minéraux du sol étant due à des phénomènes d'oxydation, leurs possibilités de dépôt dépendent étroitement de la facilité de circulation de l'air et, par suite, du régime hydrique du sol.

Dans une série de recherches antérieures, nous avons montré que le fer et le manganèse migraient à travers le sol quand on y provoquait des fermentations ([1]). Le dispositif expérimental était constitué par des cylindres d'aluminium de 14 cm de diamètre enfoncés de 10 cm dans le sol et le milieu était arrosé avec une solution fermentescible. Le volume de terre soumis à l'action réductrice des fermentations était alors nettement délimité.

([1]) *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 2257.

Dans ces conditions, nous avons constaté que le fer et le manganèse mis en solution dans le cylindre reprécipitaient en partie immédiatement au-dessous. Ce fait démontrait les possibilités de réoxydation dans le sous-sol.

Nous avons alors cherché à montrer l'influence exercée par un plan d'eau. Dans ce but, des cuvettes d'aluminium assez larges ont été enfouies dans le terrain sous certains cylindres à des niveaux variant de 8 à 28 cm de manière à prolonger la zone saturée d'eau ayant des chances d'être réductrice. Le milieu était arrosé avec une solution de sucre à 5 % additionnée de peptone. Des témoins ne recevaient que de l'eau distillée ; ils n'ont pratiquement pas subi de modifications. De ce fait, les résultats analytiques ci-dessous sont donnés en pour-cent des teneurs initiales en oxydes libres totaux de fer et de manganèse. Figurent dans ce tableau les dosages pour un certain nombre de couches :

1° colonne A, des oxydes libres totaux (extraits par l'hydrosulfite d'après Deb) ;

2° colonne B, des oxydes facilement solubles (extraits par SO_4H_2/N). Ceux-ci comprennent en particulier les oxydes nouvellement précipités après migration ;

3° colonne C, les oxydes peu solubles, différence des chiffres des colonnes A et B.

		Niveau (cm).	Oxydes de fer. A.	B.	C.	Oxydes de manganèse. A.	B.	C.
Sans plan d'eau	Sol du cylindre.......	(*)	(100)	(15)	(85)	(100)	(44)	(56)
		0–3	72	14	58	19	14	5
		7–10	87	26	61	45	36	9
	Sous-sol bien drainé...	10–12	141	64	77	154	129	25
		12–24	108	24	84	201	133	68
		14–20	100	14	86	111	56	55
		(*)	(100)	(13)	(87)	(100)	(41)	(59)
Avec plan d'eau élevé (**)	Sol du cylindre.......	(*)	(100)	(15)	(85)	(100)	(44)	(56)
		0–3	72	12	60	13	10	3
		7–10	86	13	73	27	19	8
	Sous-sol saturé d'eau..	10–14	95	24	71	80	68	12
		14–18	102	25	77	65	54	11
		(*)	(100)	(12)	(88)	(100)	(37)	(63)

(*) Teneurs relatives initiales des sols et sous-sols.
(**) Fond de la cuvette à 8 cm de la base du cylindre.

On constate qu'en l'absence de plan d'eau, le comportement est le même que dans les expériences précédentes. L'évolution est toutefois plus accentuée, la durée de l'expérience ayant été environ double. On observe une forte accumulation de fer au niveau 10-12 cm, c'est-à-dire juste au-dessous du cylindre. Elle est due au dépôt d'oxydes facilement solubles tandis que la teneur en oxydes plus résistants a nettement baissé dans le sol et même au niveau 10-12

du sous-sol. Il en est de même pour le manganèse pour lequel le lessivage a été plus important et dont la précipitation se produit sur une plus grande profondeur. Il faut noter enfin une accumulation très nette également du calcaire dont le taux passe de 0,5 à 6,4 ‰ à 12-14 cm.

En présence d'un plan d'eau élevé, la mise en solution des oxydes se produit alors énergiquement jusque dans le sous-sol saturé d'eau et les phénomènes d'accumulation, accumulation toute relative d'ailleurs, ne sont plus marqués que pour les oxydes facilement solubles. Les taux des oxydes totaux et peu solubles ont baissé à tous les niveaux, particulièrement ceux de manganèse. La zone réductrice s'est donc beaucoup étendue en profondeur. On n'observe plus qu'une oxydation accidentelle due aux canaux et cavités créés par divers animaux de la faune hypogée. Enfin, le pH est beaucoup plus bas et le calcaire n'a pu précipiter.

Nous n'avons décrit ici que les cas extrêmes. Avec les cuvettes à 28 cm au-dessous du cylindre le comportement se rapprochait déjà beaucoup de celui observé sur le profil sans plan d'eau.

Ces expériences confirment donc les résultats antérieurs. Si les fermentations assurent bien la mise en solution du fer et du manganèse, le sous-sol normalement drainé est suffisamment aéré pour provoquer la précipitation immédiate de ces éléments ainsi que celle du calcaire. L'existence de conditions relativement oxydantes dans le sous-sol est d'ailleurs confirmée par les mesures de rH effectuées par d'autres auteurs (2). Au contraire, en présence d'un plan d'eau élevé, les phénomènes de dépôt sont retardés, l'activité biologique s'étend en profondeur avec ses conséquences pour le lessivage du milieu.

MYCOLOGIE. — *De la morphologie et de la physiologie de* Peyronellæa stipæ nov. sp. Note de M. **Louis Lacoste**, présentée par M. Roger Heim.

Peyronellæa stipæ nov. sp. produit : 1° des pycnides et des pycnospores; 2° des chaînes de conidies de la forme *Alternaria*. Les glucides à de faibles concentrations favorisent la production des pycnides. La production d'*Alternaria* est liée à une carence relative en azote dans un rapport C/N = 50 à 60. L'azote protidique contenu dans la gélose joue ici un rôle important.

Peyronellæa stipæ nov. sp. fut isolé des gaines sèches de *Stipa tenacissima* L. à l'état de pycnides sous-épidermiques sur la face interne des gaines, brunes, lenticulaires, de 75 à 100 μ de diamètre. Les spores émises en cordons mucilagineux sont hyalines, monocellulaires, ovoïdes $(7-8)\times(3-4)$ μ. Obtenue en culture pure par la méthode des cultures monospermes, cette souche produit sur carotte, drupe du pommier, tubercule de pomme de terre, banane, moût

(2) J. C. de Gee, *IVe Congrès International de la Science du Sol*, Amsterdam, 1950, vol. I. p. 300-303.

de bière : 1° des pycnides et des pycnospores, 2° des fructifications « alternarioïdes ». Cultivée sur limbe d'alfa stérilisé, elle donne naissance à une forme *Alternaria* typique du groupe *Alternaria tenuis* sensu Neergaard ([1]).

Planchon ([2]) avec *Alternaria polymorpha* Pl. et Mercer ([3]) avec *Phoma richardiæ* Mer. décrivirent des Sphæropsidales donnant en culture à la fois des chaînes de spores typiques du genre *Alternaria* et des pycnides semblables à celles du genre *Phoma*. Bolle ([4]) affirma que ces auteurs avaient opéré avec des cultures impures ou bien qu'ils avaient confondu des chlamydospores « alternarioïdes » avec de véritables *Alternaria*. Neergaard s'en réfère à Bolle pour dire qu'un stade pycnide était inconciliable avec un cycle d'*Alternaria*. Goidanich ([5]) crée peu après un genre nouveau : *Peyronellæa*, Shæropsidale à chlamydospores « alternarioïdes ». *Pey. stipæ* possède à la fois des pycnides et des fructifications phæodictyées dont la valeur en tant que chlamydospores est difficile à établir, mais dont les caractères morphologiques s'accordent avec les diagnoses du genre *Alternaria* données par Saccardo ([6]) et Lindau ([7]). Dans le but d'étudier le déterminisme de cette double fructification, j'ai entrepris des cultures sur milieux synthétiques en recherchant la valeur nutritive de diverses sources carbonées et azotées ajoutées à un milieu minéral identique dans chaque préparation. Toutes les cultures furent effectuées à 24° C, température optimum de développement, en milieu rendu solide par apport de 2 % de gélose (l'anaérobiose partielle des cultures en milieu solide retardant l'apparition des fructifications). La recherche des sources carbonées et azotées les plus avantageuses fut entreprise au taux de 400 mg % de carbone pur (1 % de maltose) et de 33 mg % d'azote pur (solubilité maxima de la tyrosine).

Action de la source carbonée. — Dans ces conditions, en présence de NO_3K comme source azotée constante, j'ai essayé : glucose, lévulose, maltose, saccharose, amidon, cellulose. Le maltose peut être considéré comme la source carbonée la plus assimilable. Elle permet l'édification de nombreuses pycnides et de rares conidies isolées d'*Alternaria*.

Action de la source azotée. — En présence de 1 % de maltose comme source carbonée constante, j'ai utilisé : caséine, peptone Roche, NO_3K, $SO_4(NH_4)_2$, urée et divers acides aminés. Le NO_3K a fourni un rendement supérieur à celui des sources d'azote ammoniacal ou aminé. Dans une culture en milieu

---

(1) *Danish species of Alternaria and Stemphylium. Einar Munksgaard.* Copenhagen, 1945, p. 13 et 77.

(2) Thèse Fac. Sc., Paris, 1900, p. 48.

(3) *Mycol. Centrabl.*, 11, 1913, p. 244.

(4) *Præfschrift.*, Amsterdam 1924, p. 57.

(5) *Rend. Acc. Naz. Lincei*, ser. VIII, 1946, p. 449.

(6) *Sylloge fungorum*, IV, 1886, p. 545.

(7) *Rabenhorst's Kryptogamen Flora*, 9, 1910, p. 258.

gélosé, sans apport d'azote et en présence de 1 % de maltose, les chaînes d'*Alternaria* se sont abondamment développées dans la gélose. Cette substance ordinairement négligeable d'un point de vue nutritif, fournit ici un taux d'azote très faible mais suffisant pour permettre l'édification de chaînes d'*Alternaria*. Le rapport C/N représenté par 1 % de maltose et des traces d'azote suggérait le caractère nécessaire de la prédominance de l'élément carboné sur l'élément azoté. Perrot et Gatin ([8]) rapportent l'existence de protéines dans la gélose en paille et citent le taux de 2,55 % de protéines donné par les analyses de König et Bettels. A l'aide de microdosages nous avons recherché dans la gélose employée ici, le taux d'azote protéique qui est en moyenne de 0,25 % avec une assez grande inégalité dans sa répartition.

Influence des concentrations croissantes en carbone : En présence d'azote fourni au taux de 33 mg % d'N pur sous forme de NO_3K, j'ai effectué des cultures aux concentrations de 0,5, 1, 2, 5, 10, 20 % de maltose. Les pycnides apparurent dès le 2e jour et en abondance aux faibles concentrations. A partir de 5 % leur apparition est retardée (5e jour) et leur nombre diminue. A 20 % les pycnides ont disparu. Parallèlement la filamentisation faible aux basses concentrations augmente progressivement pour donner des formes pléomorphiques à 20 %. De même, la pigmentation rose des cultures à 0,5 % due à l'émission par les pycnides d'un mucilage sporal, rose et abondant, passe au vert sombre à 5 % pour devenir blanche à 20 %. L'*Alternaria* en longues chaînes, (10 spores ou plus) se développe dès le 7e jour de culture au sein de la gélose et sur le mycélium aérien en présence de 5 % de maltose. Ensuite, l'*Alternaria* apparaît entre 3 et 8 %. Le rapport C/N optimum semble s'établir pour 2 g % de carbone pur et 33 mg % d'azote pur plus les 5 mg offerts par la gélose. Ce qui correspond à une valeur C/N = 53.

Valeur nutritive des sources d'azote : NO_3K, la sérine, la thréonine, la tyrosine, favorisent la production d'*Alternaria* en longues chaînes; les acides aspartique et glutamique, l'asparagine, seulement en courtes chaînes (ou des conidies isolées). La proline stimule strictement la filamentisation.

En résumé : Pey. stipæ offre une double fructification conidienne : pycnospores et conidies d'*Alternaria*. Le rapport C/N semble en être le facteur déterminant : à de faibles valeurs (6 à 35) il favorise l'apparition des pycnides, aux valeurs 40 à 70 avec optimum entre 50 et 60 il permet la production d'*Alternaria*, au delà de 100 il conduit à l'obtention de formes pléomorphiques sans production conidienne. L'azote de la gélose est assimilé par l'organisme et en présence de 1 % de maltose se trouve en quantité suffisante pour permettre l'apparition d'un *Alternaria* dans un organisme producteur de pycnides.

([8]) *Bull. des Sc. Pharmac.*, 18, 1911, p. 718.

HISTOCHIMIE VÉGÉTALE. — *Mise en évidence et répartition des groupements sulfhydriles dans le méristème apical d'une Composée :* Chrysanthemum sagetum *L.* Note de M[me] **Arlette Lance**, présentée par M. Roger Heim.

Les groupements —SH, liés aux protéines, mis en évidence par la méthode de Barnett et Seligman, sont très abondants dans les zones où l'activité mitotique et organogène est intense (anneau initial du point végétatif; assise externe du *corpus* et *tunica* du manchon inflorescentiel). La synthèse de ces groupements est maximum durant la dédifférenciation accompagnant le stade préfloral.

On sait, depuis longtemps, que les groupements sulfhydriles, liés aux protéines, sont nécessaires à l'activité de nombreux enzymes et qu'ils interviennent dans divers phénomènes vitaux, tels que la perméabilité cellulaire, la synthèse et l'activité de certaines hormones. Les travaux de Hammett, de Voetglin et Chalkley, ainsi que ceux de Rapkine ([1]) ont, de plus, montré que ces groupements existent en quantité plus importante dans les tissus en voie d'active prolifération, bien que les auteurs ne soient pas d'accord sur le rôle précis à leur attribuer dans la division cellulaire. Enfin, d'après M. Goas ([2]) la teneur en groupements sulfhydriles est maximum dans la région méristématique des racines de divers végétaux et importante dans la zone d'élongation cellulaire.

Nous avons donc essayé de voir s'il existe un parallélisme entre l'activité mitotique et la teneur en groupements —SH des différents territoires du point végétatif, au cours de la vie de la plante. Nous avions déjà montré ([3]) que les acides ribonucléiques existent en quantité plus importante dans les régions d'activité méristématique et organogène intense (anneau initial, manchon méristématique). Il était donc intéressant de rechercher si les groupements —SH se répartissent de façon identique. Nous avons employé à nouveau, pour cette expérience, des apex de *Chrysanthemum segetum.*

La détection histologique des groupements—SH peut être réalisée, même si la teneur en est faible, par la méthode de Barnett et Seligman ([4]) qui permet d'obtenir, dans les cellules-mêmes, une coloration rouge, qui vire au bleu si ces radicaux sont plus nombreux ([4]). Les réactifs nous ont été fournis par M. Brunel, Professeur à la Faculté des Sciences de Rennes.

Les réactions colorées que nous avons obtenues se sont toujours montrées moins vigoureuses que celles indiquées par Barnett et Seligman. La teinte varie, sur notre matériel végétal, du rose rougeâtre au rose bleuté. Les nucléoles sont toujours les plus fortement colorés, le noyau l'est moins intensément,

---

([1]) *Ann. physiol. phys. biol.*, 7, 1931, p. 382.
([2]) *Comptes rendus*, 240, 1955, p. 1663.
([3]) *Comptes rendus*, 239, 1954, p. 1238;
([4]) *Science*, 116, 1952, p. 323-325.

quant au cytoplasme, grossièrement fixé, sa coloration dépend du stade évolutif de l'apex.

Dans les méristèmes végétatifs, l'étude cytologique nous a appris que les parties tunicales latérales de l'apex, formant l'anneau initial, et les très jeunes primordiums foliaires, constituent les zones les plus actives. C'est également dans ces régions que les—SH, caractérisés par une teinte franchement bleutée, sont les plus nombreux. Par contre, le *corpus* et les parties tunicales axiales, formant le méristème d'attente, où l'activité mitotique est très réduite, présentent dans tous leurs éléments cellulaires (noyau, nucléole, cytoplasme) une réaction colorée rose pâle, indiquant une très faible teneur en groupements —SH. A ce stade de l'évolution de l'apex les groupements sulfhydriles s'accumulent donc dans la région fonctionnelle de l'anneau initial, préférentiellement au méristème d'attente.

Au stade suivant, quand les mitoses atteignent les parties latérales supérieures des flancs de l'apex ainsi que la zone apicale, jusque-là inactive, la coloration de ces territoires vire du rose au bleu violacé, avec une intensité particulière pour le cytoplasme. La dédifférenciation progressive, présidant à l'établissement ultérieur du stade floral, est marquée par une accentuation rapide et intense de la coloration dans la *tunica* tout entière et dans le *corpus* sous-jacent. Cela indique une augmentation uniforme des —SH dans ces territoires. La méristématisation apicale, déjà révélée par des études histologiques et cytologiques, trouve donc ici une confirmation dans la détection histochimique des groupements sulfhydriles.

Un peu plus tard, dans le manchon méristématique achevé, les parties tunicales et l'assise externe du *corpus*, nettement colorées en bleu, montrent une teneur assez élevée en —SH. La zone sous-jacente, formée de cellules vacuolisées, issues de l'activité du *corpus* d'inflorescence, s'avère beaucoup moins riche en ces radicaux ; la teinte y vire, en effet, rapidement au rose pâle.

Les groupements sulfhydriles se répartissent donc dans les régions qui vont avoir à jouer un rôle organogène ; nous savons, en effet ([5]) que l'assise externe du *corpus* initie les protubérances florales tandis que la deuxième assise tunicale forme les pièces florales. Cependant la teinte bleutée prise par les éléments cellulaires de ces régions est moins intense qu'elle ne l'était au stade précédent. Elle est, par contre, tout à fait comparable à celle observée dans l'anneau initial. Il semble donc que, lors du passage du stade végétatif au stade floral, et surtout au milieu de cette étape, la teneur en groupements sulfhydriles passe par un maximum, dans tout le dôme apical. Durant cette période, que nous nommerons stade *préfloral*, l'apex augmente en effet rapidement de taille, de nombreuses mitoses ont lieu sur toute son étendue et ses cellules se dédifférencient profondément.

([5]) *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 2437.

En résumé, au cours des différentes phases de la vie de *Chrysanthemum segetum*, la détection histochimique des groupements — SH montre que ceux-ci existent en quantité plus abondante dans les régions méristématiques et organogènes. La répartition identique de ces groupements et des acides ribonucléiques manifeste donc, histochimiquement, la présence de l'anneau initial et de l'activation du méristème d'attente, connues jusqu'ici par les seules observations histologiques et cytolologiques.

PHYSIOLOGIE. — *Sur l'excrétion de* ^{32}P *chez* Drosophila melanogaster *et* Gryllus domesticus. Note (*) de MM. **Ravi Iyengar** et **Maurice Panigel**, transmise par M. Pierre-P. Grassé.

L'utilisation de phosphates marqués par ^{32}P a déjà donné certains résultats intéressants en entomologie. On a étudié la répartition de ^{32}P dans l'organisme de l'Insecte après administration de phosphates radioactifs chez des larves, pupes et adultes de *Drosophila melanogaster* (1) et (2), *Galleria melonella, Blatella germanica, Tenebrio molitor, Thermobia domestica* (3), *Ædes ægypti* (4), *Musca domestica* (5) et *Habrobracon* (6). Notre étude porte sur l'excrétion du phosphore par des Insectes appartenant aux espèces *Drosophila melanogaster* et *Gryllus domesticus*.

1. Élimination de ^{32}P par la Drosophile adulte. — Plusieurs générations de Drosophiles sont élevées sur un milieu contenant du Na_2HPO_4 à P radioactif. On mesure tous les jours au compteur de Geiger la radioactivité des adultes endormis à l'éther. Après la mesure, chaque Mouche est isolée dans un tube contenant du milieu frais non radioactif. Afin de prouver que l'auto-absorption est négligeable, nous avons préparé tout au long de l'expérimentation, des échantillons témoins en dissolvant des Mouches dans o,5 cm³ d'acide nitrique.

Résultats. — On suit la perte en radioactivité de 25 Mouches mâles et femelles. Si l'on porte en abscisse le nombre des jours qui séparent la mouche de sa sortie du milieu radioactif et en ordonnée le nombre de coups mesuré chaque jour au compteur, on remarque (graphiques 1 et 2) que 3 à 4 jours après l'éclosion, il se produit une chute brutale de la radioactivité; le quatrième jour, près de la moitié de la radioactivité est perdue. A partir du

(*) Séance du 12 septembre 1955.

(1) R. L. B. Irwin et coll., *Canad. J. Res.*, D, 28, 1951, p, 137-142.

(2) R. C. King, *J. Exp. Zool.*, 125, 1954, p. 331-352.

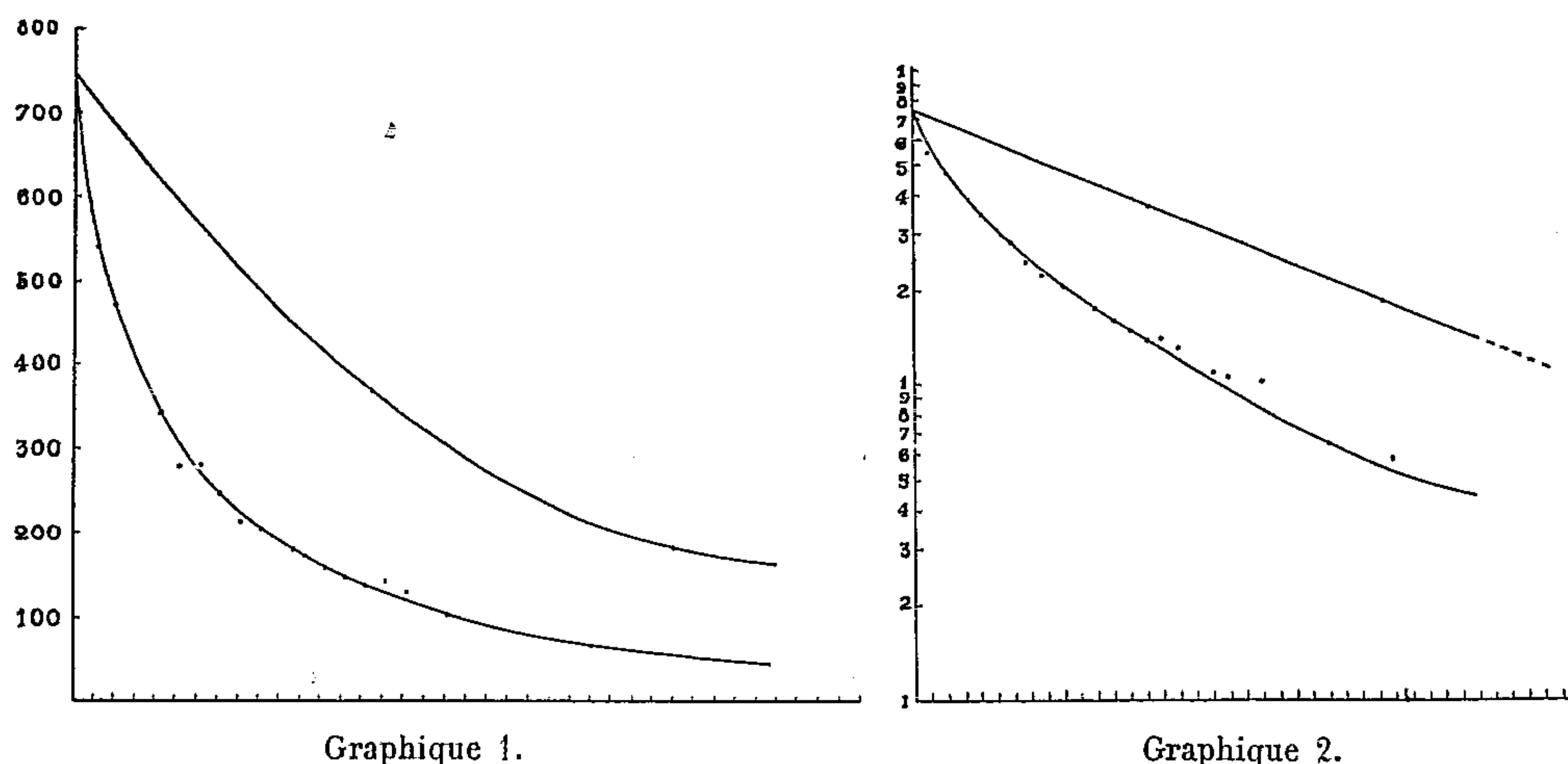
(3) E. Lindsay et R. Craig, *Ann. Ent. Soc. Amer.*, 35, 1942, p. 50-56.

(4) C. C. Hassett et D. W. Jenkins, *Physiol. Zool.*, 24, 1951, p. 257-266.

(5) F. P. W. Winteringham, P. M. Loveday et G. C. Hellyer, *Biochem. J.*, 55, 1953.

(6) D. S. Grosch et R. L. Sullivan, *Biol. Bull.*, 105, 1953, p. 296-307.

cinquième jour, la décroissance correspond à la perte en radioactivité en dehors de l'organisme, d'une solution de phosphate radioactif.



Graphique 1. Graphique 2.

Graphique 1 (*à gauche*). — En abscisse, le nombre de jours; en ordonnée, le nombre de coups au compteur de Geiger; la courbe *inférieure* correspond à la perte en radioactivité d'une des Drosophiles étudiées, la courbe *supérieure* à celle d'un échantillon témoin de phosphate de même radioactivité.

Graphique 2 (*à droite*). — Représentation à l'échelle semi-logarithmique des mêmes courbes.

La plus grande partie du phosphate radioactif ingéré par la Drosophile pendant la vie larvaire est donc éliminée lors des cinq premiers jours de vie de l'imago. La perte en radioactivité se fait ensuite beaucoup plus lente correspondant à celle que l'on observe en dehors de l'organisme.

Nous nous sommes demandés quel pouvait être l'organe responsable de cette élimination rapide des phosphates et nous avons naturellement pensé aux tubes de Malpighi.

2. Étude de la répartition de ^{32}P dans les tissus de *Gryllus domesticus*. — On effectue chez des Grillons adultes des injections intra-thoraciques ou intra-abdominales d'une solution de phosphate de sodium à ^{32}P (1 à 2 μC). Certains grillons sont nourris avec de la farine humectée par quelques gouttes de solution radioactive. Les jours suivants, on isole les tubes de Malpighi, les ovaires ou les testicules, le tube digestif, la troisième patte et l'aile postérieure dont on prépare après pesée et dissolution, des échantillons homogènes.

Résultats. — La mesure de la radioactivité de poids équivalents de ces différents organes, montre que quatre à cinq jours après l'administration de phosphate marqué, ce sont les tubes de Malpighi qui ont emmagasiné le plus de matériel radioactif, vraisemblablement en vue de son excrétion. Par la suite, le phosphore radioactif se concentre dans les ovaires, phénomène qui doit être lié à la vitellogenèse.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *La carence d'adénine dans les manifestations graves de l'alcoolisme chronique.* Note de M. **Raoul Lecoq**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

L'adénine ou vitamine B_4, qui protège l'organisme contre les perturbations sanguines des intoxications médicamenteuses (1), et dont la carence aboutit à des troubles hématologiques de type agranulocytaire (2), intervient conjointement à l'amide nicotinique ou vitamine B_3 dans la synthèse des coenzymes I et II qui assurent électivement le catabolisme de l'alcool (3).

Il nous a donc paru intéressant de rechercher ce que devient l'adénine chez les alcooliques chroniques, dont l'intoxication éthylique quotidienne entraîne une augmentation et une altération des processus cataboliques.

Pour atteindre ce but, nous inspirant de la méthode de Buell et Perkins utilisée pour le dosage des nucléotides du sang, nous avons établi une technique de titrage dans le sang de l'adénine-base (4), qui nous a donné des résultats tout à fait satisfaisants, l'adéninémie des sujets normaux se trouvant comprise entre 9 et 13 mg %, avec un taux moyen de 10,9.

Nous avons ensuite procédé, à des déterminations d'adéninémie, au Centre de Désintoxication alcoolique de l'Hôpital de Saint-Germain-en-Laye, non seulement chez des alcooliques chroniques plus ou moins profondément atteints, mais encore chez des alcooliques amenés en crises de *delirium tremens* ou présentant des *cirrhoses hépatiques*, cliniquement démontrées. Nous donnons, ci-après, les résultats (exprimés en mg %) portant sur un même nombre de sujets, et subdivisés en alcooliques chroniques du type habituel (I), en alcooliques profondément imprégnés et très trémulants (II), en alcooliques délirants (III) et en alcooliques cirrhotiques (IV).

I. *Alcooliques chroniques.*		II. *Alcooliques profondément imprégnés et très trémulants.*	
Lau	13,2	Coque	10,5
Qui	12,1	Boug	9,9
Lang	11,6	Cuis	10,2
Part	12,5	Any	8,7
Dek	10,4	Biss	9,6
Evr	11,2	Beaut	9,0
Gli	12,7	Male	11,7
Vin	13,8	Lav	9,0
Moyenne	12,2	Moyenne	9,9

(1) R. Lecoq, *Comptes rendus*, 222, 1946, p. 1136.
(2) R. Lecoq, *Ann. pharm. franç.*, 5, 1947, p. 104.
(3) R. Lecoq, P. Chauchard et H. Mazoué, *Comptes rendus*, 222, 1946, p. 414.
(4) R. Lecoq, *Ann. pharm. franç.*, 12, 1954, p. 104.

III. *Alcooliques délirants.*

Led	5,5
Duf	6,7
Bla	10,2
Dub	6,5
Ra	8,0
Gal	9,0
Men	9,5
Aou	7,3
Moyenne	7,8

IV. *Alcooliques cirrhotiques.*

Bour	7,0
Cler	9,8
Lai	9,0
Lor	5,2
Mil	10,5
Pick	7,5
Hor	6,4
Ter	7,1
Moyenne	7,8

Ainsi qu'on peut s'en rendre compte, nous trouvons, chez les alcooliques chroniques du type habituel, des taux d'adénine plutôt élevés (compris entre 10 et 14 mg avec moyenne de 12,2), qui s'inversent chez les alcooliques plus profondément atteints : très trémulants (moyenne 9,9), en crises de *delirium* (moyenne 7,8) ou cirrhotiques (moyenne 7,8).

L'intoxication alcoolique provoque, semble-t-il, d'abord la constitution de réserves d'adénine (réaction de défense de l'organisme) à laquelle succède, dans les formes graves, une véritable carence adéninique. Ce renversement humoral n'est pas pour surprendre, car nous l'avons déjà rencontré pour un certain nombre des constituants sanguins en liaison avec l'importance de l'intoxication ([5]), notamment pour le cholestérol (augmenté au début, puis très diminué dans les cirrhoses), pour la réserve alcaline (qui descend d'abord, puis monte), et pour les protides totaux, parmi lesquels les albumines et les γ-globulines suivent une évolution inverse.

Conclusion. — L'intoxication alcoolique qui, dans un premier stade, entraîne comme réaction de défense une augmentation du taux de l'adénine dans le sang, aboutit à un véritable état de carence adéninique au cours des manifestations les plus graves de l'alcoolisme chronique : *delirium tremens* et cirrhose hépatique.

PATHOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Action de différents sels sur des solutions de collagène* A. Note de M. **Albert Delaunay**, M[lles] **Suzanne Bazin** et **Michelle Henon**, transmise par M. Gaston Ramon.

Cette action est très variable selon la nature et la concentration des sels étudiés.

Quand des tendons de queue de rat sont déposés dans de l'eau acétifiée au 1/10.000[e] (pH 4,4), il se produit une dissolution, au moins partielle, du

([5]) R. Lecoq, *Études anti-alcooliques*, 2, 1952, p. 213 et *Journ. Physiol.*, Paris, 47, 1955, p. 211.

collagène. Ce collagène soluble a été nommé par *Nageotte* : *collagène A*, et le même auteur a montré qu'on pouvait le précipiter sous forme fibrillaire en ajoutant à la solution une quantité convenable de ClNa [1]. Cette précipitation de la protéine-collagène par le ClNa (ou d'autres sels) a été étudiée, avant 1939, dans plusieurs laboratoires [2], plus récemment par des spécialistes de la microscopie électronique [3]. Aucun auteur, cependant, n'a fait, du phénomène, une étude systématique. Aussi, avons-nous décidé — première étape de nos recherches sur le collagène et les scléroses — de l'entreprendre.

Mode opératoire. — *Solution de collagène* A *classique* (tendons de deux queues de rat maintenus dans 100 ml d'eau acétifiée en glacière, pendant 48 heures; filtration sur gaze). Préparations fraîches âgées au maximum de quatre jours (pH 4,4 ou 4,5). *Solutions de sels* en eau distillée, aussi fraîchement préparées. Les deux solutions, une fois faites, étaient mélangées en parties égales. Examen des tubes (conservés à 18°) cinq heures plus tard.

Résultats. — Le lecteur trouvera dans le tableau suivant la liste des onze sels utilisés, leurs concentrations moléculaires et le pH du mélange final solution saline-collagène. Le signe O indique l'absence de toute précipitation, et le signe +++ la présence d'une forte précipitation.

Précipitation du collagène A *par les sels.*

Nature du sel.	pH du mélange sel + collagène.	Concentration moléculaire en sel. 0,0213.	0,0427.	0,085.	0,213.	0,427.	0,5.	0,854.	I. M.	1,70.
Chlorure de sodium......	4,65	o	o	o	o	+++		+++		+++
Bromure de sodium......	6,8	o	+++	+++	+++	+++		+++		o
Iodure de sodium........	6,55	o	o	+++	+++	+++		+++		o
Sulfate de sodium........	5,2			o	+++	+++ (*)				
Tartrate acide de sodium...	4,5		o	o	+++ (*)					
Salicylate de sodium......	5,5	o	+++	+++	+++	++		o		o
Sulfate d'ammonium......	5,3					o	o	–	+++	+++
Chlorure de calcium......	4,8	o	o	o	o	o		o		o
Chlorure de strontium	4,35	o	o	o	o	+++		+++		+++
Bromure de strontium.....	4,4			o	+++	+++		+++		+++
Iodure de strontium......	5,6	o	+++	+++	+++	o		o		o

(*) La faible solubilité du sel ne permet pas de préparer les solutions de concentrations plus élevées.

L'examen du tableau ci-dessus permet de répartir les sels examinés en quatre classes.

1. Sels qui, à des concentrations moyennes ou fortes (0,213 à 1,7 M), précipitent le collagène : ClNa, Cl_2Sr, Br_2Sr, sulfate NH_4, tartrate acide de Na;

(1) *C. R. Soc. Biol.*, 96, 1927, p. 828.

(2) G. Leplat, *C. R. Soc. Biol.*, 112, 1933, p. 1256; E. Fauré-Frémiet, *C. R. Soc. Biol.*, 113, 1933, p. 715, etc.

(3) G. Bahr, *Exp. Cell. Research*, 1, 1950, p. 603; J. Gross et coll., *Proc. Soc. exp. Biol. a Med.*, 80, 1952, p. 462, etc.

2. Sels qui, à des concentrations faibles ou moyennes (0,0427 à 0,85 M), précipitent le collagène mais qui le laissent en solution aux concentrations plus fortes : BrNa, INa, I_2Sr, salicylate de Na;

3. Sel qui, aux seules concentrations fortes, est capable de précipiter le collagène : $SO_4(NH_4)_2$;

4. Sel dont aucune concentration n'a permis, entre nos mains, de précipiter le collagène [1] : Cl_2Ca.

Mode d'action des sels. — Ils agissent certainement par leurs ions (solutions diluées; liaisons électrovalentes) et par leurs molécules (solutions concentrées; liaisons par forces de cohésion). Plus précisément, voici notre interprétation. Les *ions* neutralisent les charges superficielles des molécules de collagène; sans doute y a-t-il en plus fixation des anions sur les groupements électropositifs du collagène, ceux-ci étant supérieurs en nombre, pour la protéine en cause, aux groupements électonégatifs. *Action des molécules* : peu sensible pour les sels du groupe 1, sensible sur le collagène pour les sels du groupe 2 ou sur le solvant [$SO_4(NH_4)_2$], enfin extrêmement forte sur le collagène (Cl_2Ca).

Ces résultats seront complétés et discutés dans un Mémoire à paraître.

La séance est levée à 15 h 40 m.

R. C.

---

(1) Le cas du Cl_2Ca a déjà été envisagé par L. GUYON, *C. R. Ass. Anatomistes* (volume de la 30e réunion, 1935).



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 3 OCTOBRE 1955.

PRÉSIDENCE DE M. ARMAND DE GRAMONT.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. **Arnaud Denjoy** signale à l'Académie la présence de M. **Motokiti Kondô**, Professeur à l'Université métropolitaine de Tokyo. M. le Président souhaite la bienvenue à celui-ci et l'invite à prendre part à la séance.

M. le **Président** s'exprime en ces termes :

J'ai le regret de faire part à l'Académie de la mort d'un de ses collaborateurs, M. **Georges Vincent**, décédé à l'âge de 83 ans, le 22 septembre 1955, à Champrond-en-Gâtine (Eure-et-Loir). Ancien élève de l'École normale supérieure (promotion 1892), professeur de physique au Lycée Saint-Louis, Georges Vincent fut adjoint à Camille Raveau pour la rédaction des Comptes rendus en décembre 1941; il lui succéda en octobre 1946 et se retira pour raison de santé en septembre 1953. C'est donc pendant douze ans environ qu'il s'occupa, avec une intelligence et une courtoisie que la plupart d'entre nous ont pu apprécier, de la bonne tenue de notre publication.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Totalisation des dérivées premières symétriques.* II. *Intégrale de Lebesgue et mesure borélienne.* Note de M. **Arnaud Denjoy**.

Suite et fin de ma Note du 22 août 1955. Précisions sur les rapports de la mesure plane de Borel et l'intégrale de Lebesgue.

Les dérivées premières dont nous allons achever l'intégration sont dites indifféremment « généralisées (de Riemann) » ou « symétriques ».

IV. Nous appelons « problème contigu à un ensemble fermé I » celui de calculer $V(x, x')$ sur tout intervalle contigu à I. Soit P, d'extrémités α, β, un ensemble parfait (non dense) inclus dans E(A) et pour lequel le problème contigu est résolu. Soit à trouver $V(x, x')$ sur $\alpha\beta - P$, d'où résultera, par la seconde opération, $V(x, x')$ sur la totalité de $\alpha\beta$.

1° Si P est de la *première sorte*, le cas vient d'être traité.

2° Si P est de la *deuxième sorte*, $[P = \Omega'(P)]$, λ surpassant 8, nous couvrons P avec un nombre fini de segments primaires ρ_λ de coefficient supérieur à λ (*Leçons* p. 118). Si ρ_λ est bordé par u_p à gauche et par u_q à droite nous prenons x'_p sur u_p et x_q sur u_q, de facon que le milieu de $x'_p x_q$ appartienne à la portion P. ρ_λ; par suite $x'_p x_q \geqq 2\rho_\lambda$ et nous supposons encore $x'_p x_q < 4\rho_\lambda$ (pour $x_p < x'_p$). Quand λ croît, x et x' finissent par être dans $\alpha\beta - \sum\rho_\lambda$. Nous remplaçons x_p par x si x est dans u_p, et x'_q par x' si x' est dans u_q. Posons $s_1 = \left(x\sum x'\right) V(x_p, x'_p)$ et $s_2 = \left(x\sum x'\right)[F(x_q) - F(x'_p)]$; s_1 est connu; d'après (3), $|s_2| < A\sum x'_p x_q < 2A(\beta - \alpha)/\lambda$ tend vers zéro pour $\lambda\infty$. Donc $V(x, x') = \lim_{\lambda\infty} s_1$, indépendamment du choix des x_p, x'_p, conditionné comme il est dit. Le calcul de cette limite sera la *quatrième opération* de T_s.

3° Si P est de la *troisième sorte*, nous procédons comme dans le cas précédent. Mais les ρ_λ sont généralement en infinité, sans pouvoir dans aucun contigu $\alpha_k\beta_k$ à $I(P, \lambda)$ s'accumuler ailleurs qu'en α_k, β_k; x et x' finissent par être étrangers à $I(P, \lambda) + \sum\rho_\lambda$. Si l'on remplace par zéro chaque différence $F(x_q) - F(x'_p)$, à $V(x, x')$ on substitue $V_\lambda(x, x')$ qui en diffère de $2\delta A(x' - x)/\lambda$ $(\delta^2 < 1)$. Sur $I(P, \lambda)$ les dérivés de F valent $\delta c_1 A\lambda$. Avec les valeurs approchées $V_\lambda(\alpha_k, \beta_k)$ de T_s sur les $\alpha_k\beta_k$, $f(x)$ est complètement totalisable sur $I(P, \lambda)$. Cette totalisation complète, mettant en œuvre les trois premières opérations, *suivie du passage à la limite pour λ infini*, constitue la *cinquième opération* de T_s. Elle nous donne $V(x, x')$ sur $\alpha\beta$-P.

V. P étant parfait quelconque (totalement discontinu), l'ensemble H(P) des points de P n'appartenant à aucune portion isolée de sorte définie est non dense sur P (*Leçons*, p. 149-150); $P - H(P)$ [*a fortiori* $P - H(P) - K(P)$] est une somme de portions isolées ϖ, chacune d'une sorte définie. On couvre P avec une infinité de portions ϖ_n de diamètre tendant vers zéro, de façon que tout point de P soit intérieur à une infinité de ϖ_n (*Leçons*, p. 95, 133). Sur chaque ϖ_n contenue dans une portion ϖ, l'une des trois dernières opérations réussit. Finalement, on aura résolu le problème contigu à un ensemble S(P) fermé, situé et non dense sur P. Le processus transfini de la totalisation $T_s(f, x, x')$ sur ab est obtenu.

La 3e, les 4e et 8e opérations de $(T_{2\cdot s})_0$ n'ont pas d'analogues dans T_s. La 5e, la 6e et le groupe (7e, 5e, 9e) des opérations de $(T_{2\cdot s})_0$ correspondent respectivement aux 3e, 4e et 5e opérations de T_s.

VI. Une fonction $F(x)$ définie sur un intervalle ab peut, sans être continue, posséder en tout point une dérivée première symétrique finie $f(x)$. Ci-après, $F(x)$ est supposée *mesurable*.

THÉORÈME. — *L'ensemble des points où la dérivée première symétrique d'une fonction n'en est pas la dérivée normale, est de longueur nulle.*

Soit L cet ensemble. Supposons sa longueur $\lambda(L) > 0$. Si $E(A)$ (pour $A > 0$) est l'ensemble des x tels que $|F(x+h) - F(x-h)| \leqq 2|h|A$ indépendamment de h, par hypothèse : $L = \sum_A L.\,E(A)$. Donc $l(A) = L.\,E(A)$ a une mesure positive pour une certaine valeur de A (et les valeurs supérieures) l' étant la plénitude de $l(A)$ où l'épaisseur de $l(A)$ est 1, soit x un point de l', j un intervalle de centre x où l'épaisseur moyenne de $l(A)$ surpasse 7/8, $x+h (h \neq 0)$ un point de j distinct de x. Divisons l'intervalle x, $x+h$ en quatre parties égales j_1, j_2, j_3, j_4 (à partir de x). Sur chacune d'elles, l'épaisseur moyenne de $l(A)$ surpasse 1/2. Les homothétiques respectifs de j_1 avec le centre x, de j_3 avec le centre $x+h$, et le même rapport 2, donnent sur (j_1+j_2) deux ensembles d'épaisseur moyenne supérieure à 1/2. Ils ont donc des points communs. Soit ξ l'un d'eux. Les milieux de (x, ξ) et de $(\xi, x+h)$ sont sur $l(A)$. Donc

$$|F(\xi) - F(x)| \leqq |\xi - x|A, \qquad |F(x+h) - F(\xi)| \leqq |x+h-\xi|A$$

et

$$|F(x+h) - F(x)| \leqq A|h|.$$

Sur l', $F(x)$ a ses quatre dérivés finis. Sur une plénitude de l', donc de $l(A)$, $F(x)$ a une dérivée normale, évidemment $f(x)$, contrairement à l'hypothèse. Donc $\lambda(L) = 0$.

Si $\Lambda \subset L$ est l'ensemble des points où F est non borné, Λ est fermé et, sur tout segment disjoint de Λ, $F(x)$ est intégrable au sens de Riemann. $G(x)$, intégrale indéfinie de F ayant $f(x)$ pour dérivée seconde généralisée, est déterminée sur chaque contigu à Λ. Sans doute tout ensemble parfait P situé dans un $l(A)$ est-il tel que $\Omega'(P)$ est partout dense sur P.

L'INTÉGRALE DE LEBESGUE. — Soit $f(x)$ une fonction définie et positive sur l'ensemble E. Si f est sommable (implicitement f et E sont mesurables), pour l'intégrale $I = \int_E f(x)\,dx$ la définition donnée par Lebesgue s'identifie à celle de l'intégrale riemannienne $J = \int_0^\infty l(y)\,dy$, $l(y)$ étant la longueur borélienne $\lambda\,[s(y)]$ de l'ensemble $s(y)$ des x vérifiant $[x \in E, f(x) \leqq y]$.

Dans le plan des xy soit S l'ensemble $[0 < y < f(x), x \in E)$. Il est connu que, si I existe, l'aire borélienne $\alpha(S)$ existe et vaut I.

J'ai souvent donné dans mon cours la démonstration de la réciproque. Si S *est quarrable selon Borel*; 1° $f(x)$ *est mesurable* (donc E aussi); 2° $\alpha(S)$ *s'exprime par l'intégrale* J *dont la définition est identique à celle de* I.

$\alpha(S)$ est ainsi définie selon Borel. On englobe S dans un ensemble ouvert O_n

inclus dans $y > 0$, et dans S' $[0 \leqq y < f(x), x \varepsilon E]$ on place un ensemble fermé (borné) F_n, de façon que $\alpha(O_n) - \alpha(F_n) = \varepsilon_n$ tende vers o quand l'entier n croît. $\alpha(S)$ est la limite commune de $\alpha(O_n)$ et de $\alpha(F_n)$.

Nous devons rappeler la définition borélienne des $\alpha(O)$, $\alpha(F)$ (O ouvert, F fermé). Ce sont respectivement les mesures m_J^i (O), m_J^e (F) jordaniennes intérieure de O et extérieure de F; donc les limites ($k \infty$) des mesures des figures élémentaires, $I_k(O)$ majeure fermée $\subset O$, $X_k(F)$ minimum ouverte $\supset F$, réunissant des alvéoles carrées, ouvertes ou fermées, d'aire 4^{-k}, limitées par $2^k x = p$ et $p+1$, $2^k y = q$ ou $q+1$ (p, q entiers).

Or, soit ω (et φ) la projection sur Ox de O (de F); Δ_x, Δ_y étant les parallèles à Oy d'abscisse x, à Oy d'ordonnée y, et $O_x = O.\Delta_x(x \varepsilon \omega)$, $F_x = F.\Delta_x(x \varepsilon \varphi)$, on montre aisément que l'ensemble $\Omega[0 < y < \lambda(O_x), x \varepsilon \omega]$ est ouvert, avec $\alpha(O) = \alpha(\Omega)$; et que l'ensemble $\Phi[0 \leqq y \leqq \lambda(F_x), x \varepsilon \varphi]$ est fermé, avec $\alpha(F) = \alpha(\Phi)$.

Soient $\omega_n(y)$, $\sigma(y)$, $\varphi_n(y)$ les sections de O_n, S, F_n par Δ_y; $\omega_n \supset \sigma \supset \varphi_n$; ω_n est ouvert, φ_n fermé, (F_n étant borné, φ_n cesse d'exister dès $y >$ un y_n); $o_n(y)$, $s(y)$, $f_n(y)$ leurs projections sur Ox; $\mu_n(y)$, $\nu_n(y)$ les longueurs de $o_n(y)$, $f_n(y)$ (boréliennes, jordaniennes extrêmes). Comme il résulte de l'alinéa précédent où les rôles de x et de y sont échangés, $\alpha(O_n)$ est l'aire de $\Omega_n[y > 0, 0 < x < \mu_n(y)]$, $\alpha(F_n)$ celle de $\Phi_n[y \geqq 0, 0 \leqq x \leqq \nu_n(y)]$.

Nous pouvons remplacer O_n par $O_1 \ldots O_n$, F_n par $F_1 + \ldots + F_n$. *Quand n croît; $o_n(y)$ et $\mu_n(y)$ décroissent* (ne croissent pas, même observation partout), *$f_n(y)$ et $\nu_n(y)$ croissent.*

Nous remplaçons les $O_n.\Delta_x$ (les $F_n.\Delta_x$) existants par l'intervalle majeur (le segment minimum) inclus dans $O_n.\Delta_x$ (contenant $F_n.\Delta_x$) et ayant son origine sur Ox; O_n ni F_n ne perdent leurs propriétés. Mais *$o_n(y)$ et $f_n(y)$ décroissent quand y croît;* $\mu_n(y)$ et $\nu_n(y)$ *décroissant, les aires* $\alpha(\Omega_n)$, $\alpha(\Phi_n)$ *sont données par les intégrales riemanniennes* $J'_n = \int_0^\infty \mu_n(y)\,dy$, $J''_n = \int_0^\infty \nu_n(y)\,dy$.

Et $J'_n > \alpha(S) > J''_n$.

Soit $\mu_n(y) - \nu_n(y) = \delta_n(y)$; $\varepsilon_n = \int_0^\infty \delta_n(y)\,dy$ tend vers o et $\delta_n(y)$ décroît quand n croît. Soit $\delta(y)$ la limite de $\delta_n(y)$ et D l'ensemble $\delta(y) > 0$; $\lambda(D) = 0$. Car si $\lambda(D) > 0$ et si D_η est l'ensemble $\delta(y) > \eta$, η positif existe tel que $\lambda(D_\eta) > 0$. D'après la définition de l'intégrale riemannienne, $\varepsilon_n > \eta\lambda(D_\eta)$, et pour tout n, ce qui est impossible. Donc $\lambda(D) = 0$. Si $\delta(y) = 0$, $s(y)$ est mesurable. L'ensemble $\delta(y) = 0$ étant partout dense sur Oy, $f(x)$ est mesurable. $l(y) = \lambda[s(y)]$ décroît en y; donc $l(y)$ est intégrable sur tout champ fini. Or quel que soit y, $\mu_n(y) > l(y) > \nu_n(y)$. Donc J existe comme J_n et J'_n.

$$J'_n = \alpha(O_n) > J > J''_n = \alpha(F_n).$$

En conséquence, $J = \alpha(S)$.

EMBRYOGÉNIE VÉGÉTALE. — *Embryogénie des Papilionacées. Développement de l'embryon chez le* Sophora japonica *L.* Note (*) de M. **René Souèges**.

C'est au type embryonomique du *Trifolium minus* que l'embryon du *Sophora japonica* vient se rattacher. Les particularités qui le séparent du type sont comparables à celles qui ont été observées chez le *Thermopsis fabacea*; ainsi apparaîtraient singulièrement plus profonds les liens qui unissent les Podalyriées et les Sophorées.

Comme je le rappelais en 1948 ([1]), au sujet de mes observations sur le *Thermopsis fabacea* DC., il y a de grandes affinités entre les deux tribus des Podalyriées et Sophorées. Ces deux tribus se séparent de toutes les autres Papilionacées par l'indépendance de leurs étamines et ne se distinguent l'une de l'autre que par des caractères tout à fait superficiels tirés de l'appareil végétatif : les feuilles étant simples ou palmées chez les Podalyriées, imparipennées chez les Sophorées, des herbes se rencontrant généralement chez les premières, des arbres chez les secondes, des arbustes chez les deux. Pour ce qui est du développement de l'embryon chez les Sophorées. L. Guignard écrivait en 1881 ([2]) : « Tandis que, dans le *Sophora secundiflora* Lagasc., le proembryon est allongé et formé de parties confondues dans le jeune âge, dans le *Cladastris lutea* Michx., au contraire, le suspenseur se présente comme un organe distinct surmontant un petit embryon ovoïde à segmentations régulières ». Il y aurait ainsi, dans les limites de la tribu, des variations qu'il s'agit de bien connaître, tout en s'appuyant au préalable sur un exemple chez lequel les lois du développement seraient bien définies. Celles-ci, qui ont pu être observées chez le *Sophora japonica* L., offrent des analogies si frappantes avec celles qui ont été établies chez le *Thermopsis fabacea* que, pour s'en faire une idée aussi précise que possible, il convient de distinguer, comme dans cette dernière espèce, quatre étapes dans l'histoire du développement embryonnaire. Les trois premières de ces étapes seulement offrent quelque intérêt du point de vue de la marche de la segmentation.

La première étape commence à l'œuf et se termine au moment de la formation du proembryon octocellulaire (*fig.* 11). Les processus des divisions, à cette période, peuvent aisément être déterminés. Le proembryon bicellulaire produit d'abord une tétrade en B_1 (*fig.* 2) la segmentation oblique de la cellule apicale, généralement fort nette, amenant la séparation des deux éléments *a* ou *cc* et *b* ou *cd*, légèrement dissemblables.

La division de la cellule basale, oblique de même le plus souvent, se montre parfois trans-

(*) Séance du 26 septembre 1955.

([1]) R. Souèges, *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 761.

([2]) L. Guignard, *Ann. Sc. nat. Bot.*, 6e série, 12, 1881, p. 124.

versale (*fig.* 8). Peu après, *cc* et *cd* entrent en division, *cc* se cloisonnant en règle générale avant *cd* et engendrant les deux cellules *ce* et *cf* (*fig.* 3, 9, 10); les quatre éléments qui ont ainsi pris naissance se disposent en tétraèdre (*fig.* 11). Les cellules *m* et *ci*, issues de la cellule basale, généralement juxtaposées, se segmentent de manière quelque peu variable, *ci* tout dans la plupart des cas (*fig.* 7, 9); les quatre éléments engendrés présentent normalement d'abord, une disposition tétraédrique (*fig.* 10, 11, 12). Le proembryon octocellulaire qui résulte de ces premières bipartitions offre le plus souvent une forme globuleuse (*fig.* 10, 12).

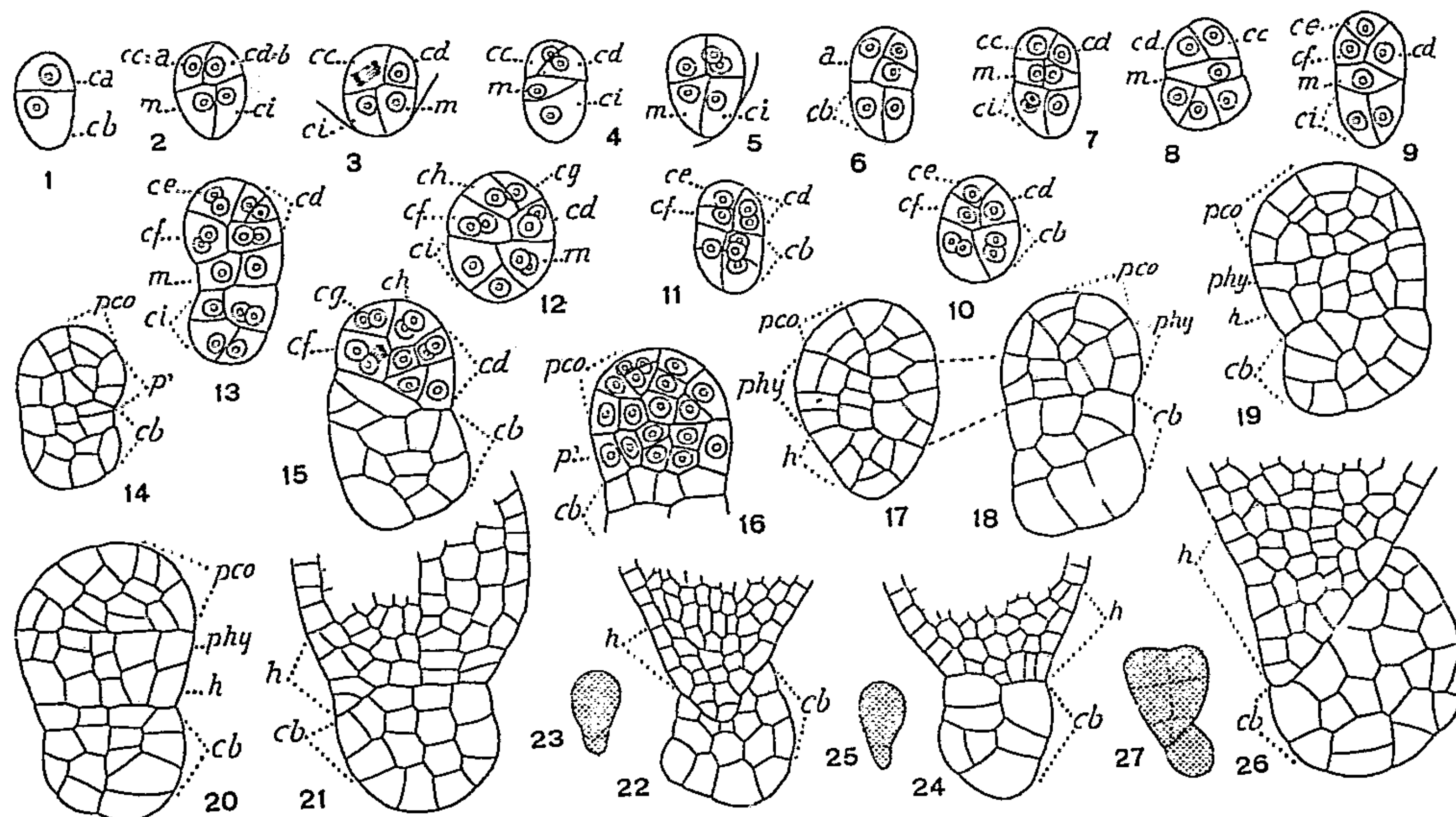


Fig. 1 à 27. *Sophora japonica* L. — Les trois premières phases du développement du proembryon. *ca* et *cb*, cellules apicale et basale du proembryon bicellulaire; *m* et *ci*, cellules-filles de *cb* ou suspenseur proprement dit; *cc* ou *a* et *cd* ou *b*, cellules-filles de *ca*; *ce* et *cf*, cellules-filles de *cc*; *cg* et *ch*, cellules-filles de *ce*; *pco*, partie cotylée *s. lato*; *p'*, assise génératrice de la partie hypocotylée, *phy*, et du massif hypophysaire, *h*. En 17 et 18, deux coupes voisines d'un même proembryon. En 23, 25, 27, aspect général des formes d'où sont tirés les détails des figures 22, 24, 26. Gr. = 290, 30 pour les figures 23, 25 et 27.

La deuxième étape comprend une seule période de divisions; elle correspond à la génération de huit micromères aux dépens des quatre éléments issus de *ca*, et de huit macromères aux dépens des quatre cellules dérivant de *cb*. En 12, *ce* et *cf* se seraient déjà segmentées, *ce* ayant donné naissance au sommet aux deux cellules *cg* et *ch*, et *cf* à deux cellules juxtaposées, symétriquement placées par rapport aux deux éléments issus de *cd* non encore divisés. Ceux-ci, en 13, à un stade où le proembryon devient hexadécacellulaire, se sont partagés en deux dyades superposées, tandis que les quatre macromères issus de *cf*, se sont, à leur tour segmentés en prenant des dispositions variables. A ce stade, le proembryon apparaît constitué de deux parties bien distinctes : celle des micromères d'où tire origine l'embryon proprement dit et celle des macromères, plus gros et moins chromatiques, qui fournissent le suspenseur *s. stricto*.

Au cours de la troisième étape, qui correspond aux derniers termes du développement du proembryon, avant la formation des protubérances cotylédonaires, il règne une certaine confusion dans la série des divisions. Dans la plupart des cas, apparaissent des étages nettement séparés, mais l'on ne peut déterminer exactement les règles selon lesquelles ils se

constituent aux dépens des blastomères différenciés aux stades antérieurs. On ne peut être fixé avec certitude : ni sur l'individualisation d'une cellule épiphysaire qui tirerait origine de la cellule *ce* ou de sa fille *cg*; ni sur le mode de constitution de la partie cotylée *s. stricto*; c'est-à-dire sur la participation à la construction de cette partie des éléments issus de *cd* et de *cf*; ni sur la véritable origine du massif hypophysaire. La forme dessinée en 15 s'interpréterait vraisemblablement en la rattachant à celle de la figure 12, dans laquelle *cg* et *ch* se seraient divisées, tandis que *cf* serait sur le point de devenir tétranucléaire. Après séparation de la partie cotylée *s. lato* (*pco*), se montre au-dessous, une zone représentée d'abord par une simple couche cellulaire (*p'*, *fig.* 14), puis par deux assises (*fig.* 16, 19, 20), dont l'une, en haut, donne la partie hypocotylée (*phy*), l'autre, en bas, le massif hypophysaire, *h* (*fig.* 20 à 26). Celui-ci s'allonge en se rétrécissant en une sorte de pédicule et amenant ainsi une déformation du corps embryonnaire; cette déformation se voit en 22 et 26, tout particulièrement en 17 et 18 où sont dessinées les deux coupes voisines d'un même proembryon, dans un plan perpendiculaire à celui de la figure 26; dans cette dernière figure le pédicule et le suspenseur apparaissent côte à côte; l'un est antérieur et l'autre postérieur en 17 et 18.

Par la tétrade en B_1, par l'origine du suspenseur aux dépens de la cellule basale, par la disposition tétraédrique des quatre éléments issus de la cellule apicale, par la différenciation d'une cellule épiphysaire, l'embryon du *Sophora japonica* L., comme celui du *Thermopsis fabacea* DC., se rattache à l'archétype embryonomique du *Trifolium minus* Rehl. L'irrégularité des segmentations qui séparent les deux espèces de l'archétype apparaît moins accentuée chez le *Sophora japonica*.

J'ai déjà fait remarquer, au sujet du *Thermopsis*, que cette irrégularité se présente sous les mêmes aspects dans une Fumariacée, le *Corydalis cheilanthifolia* Hemsl. ([3]). Des rapprochements intéressants pourraient encore être établis entre le *Thermopsis* et le *Sophora* d'une part, d'autre part le *Lupinus polyphyllus* Lindl. ([4]), qui appartient à la *deuxième* période du système embryogénique et qui présente, de même que les deux espèces précédentes, une tétrade en B_1, une disposition tétraédrique des blastomères issus de *ca* au stade octocellulaire (voir *fig.* 19 du *Lupinus*, *fig.* 11 du *Sophora*, *fig.* 3 à 7 du *Thermopsis*), et des processus analogues de segmentation dans la séparation de la partie hypocotylée et du massif hypophysaire. Il y aurait là de sérieuses données à prendre en considération dans tout essai d'embryogénie comparée se proposant la détermination des parentés véritables chez ces Dialypétales. En tout cas, par l'étude embryogénique, se trouvent pleinement confirmés les liens étroits qui relient les deux tribus des Podalyriées et des Sophorées.

([3]) R. Souèges, *Comptes rendus*, 222, 1946, p. 523; *Ann. Sc. nat. Bot.*, 11e série, 7, 1946, p. 1-17.

([4]) R. Souèges, *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 1410; *Bull. Soc. bot. Fr.*, 95, 1948, p. 184.

BIOLOGIE PHYSICO-CHIMIQUE. — *Indices de valence libre, adsorbabilités et activité cancérogène des hydrocarbures polycycliques.* Note (*) de M. **Joseph C. Arcos**, Mme **Marthe Arcos**, MM. **N. P. Buu-Hoï** et **Antoine Lacassagne**.

En partant d'une étude sur le rôle des forces de valence secondaires dans les phénomènes de cancérisation (1), on a montré que le rapport somme des indices de valence libre/surface moléculaire de projection est un facteur limitant probable dans l'activité cancérogène de certains hydrocarbures polycycliques.

1. On sait que l'activité cancérogène des hydrocarbures polycycliques dépend, parmi d'autres facteurs, des dimensions moléculaires. Deux d'entre nous ont signalé (2) que l'indice de l'activité cancérogène présente une distribution sélective en fonction de la surface de l'enveloppe rectangulaire minimale de la molécule (surface d'encombrement), qui est une expression simple de la taille moléculaire.

Bradley (3) avait déjà observé qu'un certain parallélisme existe entre la substantivité des matières colorantes et l'activité cancérogène des hydrocarbures polycycliques. Vickerstaff (4) et d'autres (5) ont montré que l'affinité des matières colorantes pour les fibres augmente avec la taille moléculaire. Il était donc intéressant de rechercher si l'adsorbabilité des hydrocarbures polycycliques, comme celle des matières colorantes, croît graduellement en fonction de leur taille.

2. Rappelons, en premier lieu, que Miller et Miller (6) et Miller (7) ont constaté qu'une corrélation existe entre l'activité des composés cancérogènes et leur fixation par certaines protéines.

L'interaction entre la molécule active et le récepteur protéinique débuterait par un complexe réversible de transition (8), pouvant être stabilisé ensuite par d'autres forces de valence, tel que $A + B \rightleftharpoons (AB)_t \rightarrow AB$. La région mésophénanthrénique (dite région K) peut être considérée comme particulièrement apte à l'addition, cependant tous les atomes de carbone dans la molécule plane possèdent une réactivité résiduelle et contribueront ainsi à fixer l'hydrocarbure sur la surface d'un récepteur cellulaire. Mais, dans le voisinage de ce dernier, la molécule peut être soumise à des forces compétitives et oscille autour d'un

(*) Séance du 26 septembre 1955.

(1) N. P. Buu-Hoï, *Acta Un. Int. contre cancer*, 7, 1950, p. 68.

(2) J. C. Arcos et M. Arcos, *Comm. IIIe Congrès Intern. Biochimie*, Bruxelles, 1955.

(3) W. Bradley, *Nature*, 137, 1936, p. 404.

(4) T. Vickerstaff, *The Physical Chemistry of Dying*, London, 1950.

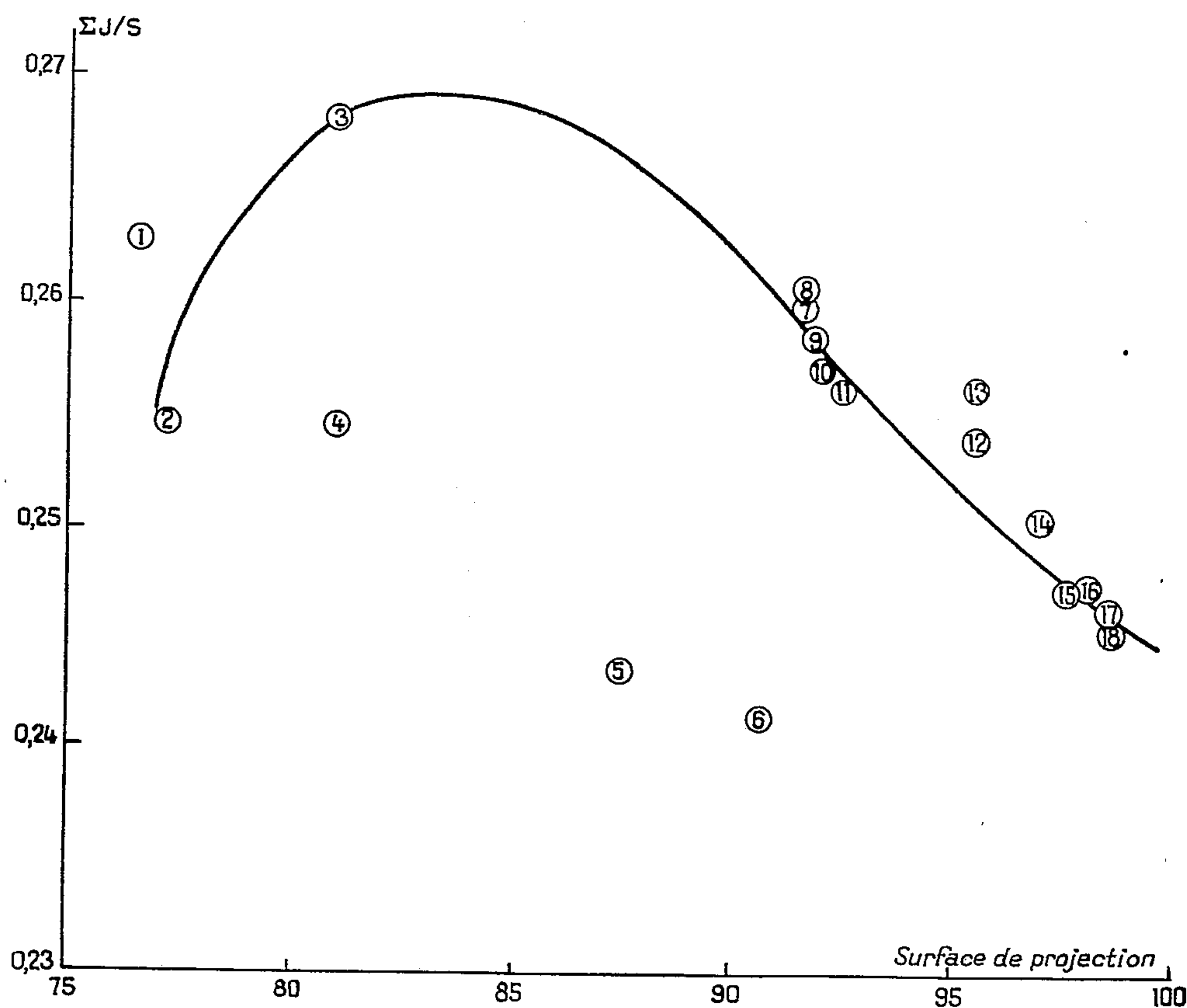
(5) J. Steinhardt et coll., *J. Res. Nat. Bur. Standards*, 26, 1941, p. 293.

(6) E. C. Miller et J. A. Miller, *Cancer Res.*, 7, 1947, p. 468.

(7) E. C. Miller, *Cancer Res.*, 11, 1951, p. 100.

(8) J. Weiss, *J. Chem. Soc.*, 1942, p. 245.

point d'équilibre. Son affinité mutuelle avec le récepteur favorisera sa fixation sur la surface, tandis que les forces de désorption tendront à l'éliminer. De telles forces de désorption peuvent être attribuées, par exemple à l'énergie d'agitation thermique, la proximité de molécules lipidiques, etc. L'énergie d'agitation thermique est fonction de (3/2) RT et ne varie pas avec la taille moléculaire. Cependant les forces de désorption proprement dites augmenteront car, dans l'expression $\gamma(M/d)^{2/3}$ de l'énergie de surface moléculaire, le facteur $(M/d)^{2/3}$ est assimilable à une surface. Ainsi le cas favorable, à savoir la fixation de l'hydrocarbure sur le récepteur, ne dépendra donc pas de la somme des forces d'affinité entre les deux, mais du rapport : somme des forces d'affinité/surface moléculaire.



Courbe obtenue en portant *en ordonnées* les valeurs du rapport ΣJ/S et *en abscisses* les valeurs correspondantes des surfaces de projection pour un certain nombre d'hydrocarbures cancérogènes.

3. La polarisabilité entre dans l'expression de la plupart des forces de valence secondaire. D'autre part une relation linéaire approximative existe entre l'indice de valence libre et l'autopolarisabilité atomique ([9]). On a ainsi

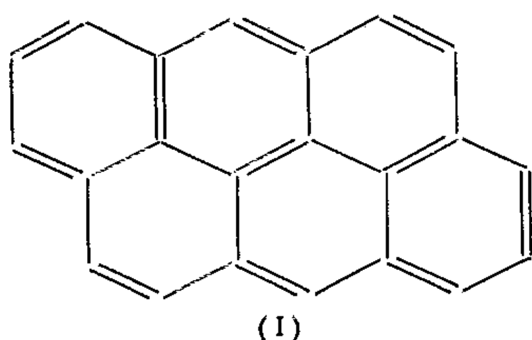
([9]) C. A. Coulson et coll., *Proc. Roy. Soc.*, A 195, 1948, p. 188; G. M. Badger et coll., *J. Chem. Soc.*, 1112, 1952.

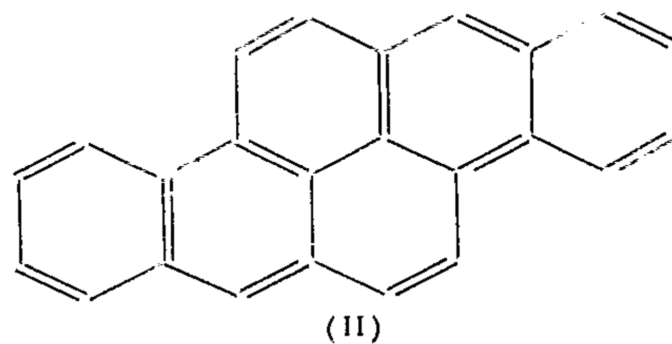
choisi le rapport : somme des indices de valence libre/surface moléculaire (ΣJ/S) pour exprimer l'adsorbabilité des hydrocarbures polycycliques.

Les rapports ΣJ/S ont été calculés pour un certain nombre de ces composés. Les indices de valence libre ont été calculés à l'aide des indices de valence-type, introduits par Vroelant et Daudel ([10]). Les surfaces moléculaires (de projection) ont été obtenues par pesée, avec 1,41 Å comme moyenne de la distance —C=C— aromatique dans les hydrocarbures polycycliques et 1,85 Å comme rayon van der Waals des groupes =CH—.

Nº	Hydrocarbure.	ΣJ.	Surface de projection (Å²).	ΣJ/S.
1.	Chrysène	20,032	76,3	0,2625
2.	1.2-benzanthracène	19,630	77,0	0,2548
3.	3.4-benzopyrène	21,670	80,7	0,2685
4.	1.2-benzopyrène	20,594	80,9	0,2547
5.	Anthanthrène	21,270	87,3	0,2437
6.	Coronène	21,914	90,5	0,2419
7.	1.2.7.8-dibenzanthracène	23,724	91,3	0,2600
8.	3.4.7.8-dibenzophénanthrène	23,828	91,4	0,2610
9.	1.2.5.6-dibenzanthracène	23,704	91,6	0,2587
10.	1.2.3.4-dibenzophénanthrène	23,587	91,7	0,2570
11.	1.2.3.4-dibenzanthracène	23,660	92,3	0,2564
12.	1.2.3.4-dibenzopyrène	24,180	95,2	0,2540
13.	2'.3'-naphto-3.4-pyrène	24,362	95,3	0,2567
14.	3.4.9.10-dibenzopyrène	24,238	96,8	0,2504
15.	1.2.6.7-dibenzopyrène	24,086	97,4	0,2473
16.	3.4.8.9-dibenzopyrène	24,238	97,9	0,2478
17.	15.16-benzodéhydrocholanthrène	24,238	98,4	0,2466
18.	1.2.4.5-dibenzopyrène	24,176	98,4	0,2458
19.	Ovalène	26,682	117,5	0,2270

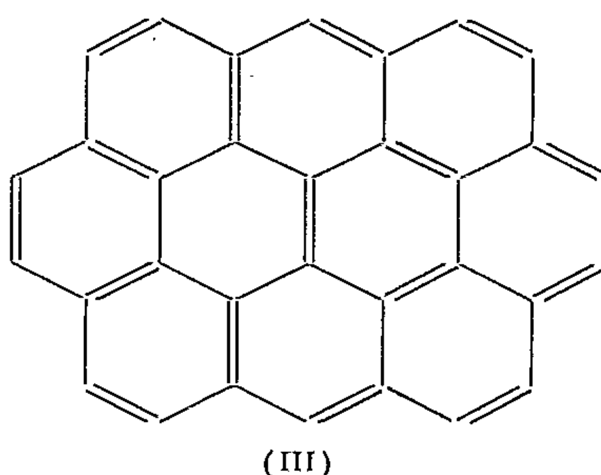
En conclusion, au-dessus d'une certaine taille moléculaire, le rapport ΣJ|S diminue pour un certain nombre d'hydrocarbures polycycliques. Ainsi, la disparition de l'activité cancérogène lorsqu'on va vers les hydrocarbures à grande surface, peut être attribuée non seulement à des facteurs d'empêchement stérique, mais également à la diminution de l'adsorbabilité par des forces de valence secondaire.


(I)


(II)

([10]) *Bull. Soc. Chim.*, 16, 1949, p. 36, 217.

On s'explique également de cette façon pourquoi les hydrocarbures tels que l'anthanthrène (I), qui possèdent des caractéristiques électroniques tout à fait favorables à l'existence d'un pouvoir cancérogène (fortes densités en électrons sur les zones K), sont pourtant biologiquement inactifs, alors que des hydrocarbures très voisins, comme le 3.4.8.9-dibenzopyrène (II) sont cancérogènes.



(III)

On peut également prévoir que des hydrocarbures condensés tels que l'ovalène (III) ne puissent pas être cancérogènes, quelles que soient leurs caractéristiques électroniques favorables.

ÉCONOMIE RURALE. — *La lutte contre l'épizootie de fièvre aphteuse. Faits récents. Conclusions.* Note de M. **Gaston Ramon.**

Dans la lutte contre les maladies épizootiques, on doit tenir compte non seulement des progrès de la science expérimentale mais encore des enseignements de l'épidémiologie et des leçons de la pratique.

Ainsi que le montre le tableau statistique inclus dans la présente Note, lequel fait suite à ceux insérés antérieurement dans les *Comptes rendus* ([1]), l'épizootie aphteuse, dont le début remonte à l'année 1951, a poursuivi, durant le premier semestre 1955, son évolution dans divers pays, alors que cette évolution est pratiquement terminée dans d'autres.

Évolution de la fièvre aphteuse pendant le 1er semestre 1955, (nombre de foyers nouveaux).

	Janvier.	Février.	Mars.	Avril.	Mai.	Juin.
Allemagne.........	27	57	48	54	14	11
Belgique...........	12	15	20	10	6	6
France............	150	112	121	125	205	272
Italie.............	1403	1419	1286	1195	1186	967

([1]) G. Ramon, *Comptes rendus*, **238**, 1954, p. 975, **240**, 1955, p. 1173.

Dans ces pays, la lutte contre la fièvre aphteuse est basée, pour le principal, sur l'usage de la vaccination; l'abattage n'est pratiqué en aucun cas.

Grande-Bretagne...	5	–	1	–	–	–
Suède.............	–	–	–	–	–	–
Suisse.............	–	–	–	–	2	–
Pays-Bas..........	–	–	2	–	–	–
Danemark.........	6	4	1	2	11	16

Ces pays ont mis en œuvre, le système reposant sur l'abattage des animaux malades ou suspects de contamination; la Grande-Bretagne, la Suède, la Suisse, tout au début de l'épizootie; les Pays-Bas, le Danemark, au cours de l'épizootie; ces deux derniers pays faisant, en outre, un large usage de la vaccination.

Il ressort, à l'évidence, de ce tableau que dans les pays comme l'Allemagne, la Belgique, la France, l'Italie, qui ont basé, pour le principal, leur politique de lutte contre la fièvre aphteuse, sur l'usage de la *vaccination*, la maladie a continué de sévir durant les six premiers mois de l'année 1955. Ainsi, par exemple, on a enregistré en Italie, une moyenne de 1200 foyers ([2]) nouveaux, chaque mois. En France, il a été déclaré 150 foyers nouveaux en janvier 1955, 112 en février, 121 en mars, 125 en avril, 205 en mai, 272 en juin. On compte actuellement une trentaine de départements infectés de fièvre aphteuse, répartis sur presque tout le territoire français. Fait à citer spécialement : le Cantal qui avait été choisi, il y a deux ans, comme département « pilote » pour les essais de vaccination généralisée, est présentement le plus infecté. On y signalait, en juillet dernier, 88 foyers nouveaux, sur un total de 268 foyers dans toute la France.

Il ressort, en outre, de ce même tableau que dans les pays dont la politique de lutte repose sur le *système qui consiste, comme mesure essentielle, à abattre les animaux malades ou suspects* dans les foyers nouvellement décelés, l'épizootie peut être considérée comme pratiquement maîtrisée. En Suède, il n'y a eu aucun foyer pendant le premier semestre 1955; en Grande-Bretagne, 6 seulement; en Suisse 2; aux Pays-Bas 2; au Danemark 40 dont 11 en mai, 16 en juin. On doit noter qu'en ce qui concerne la Grande-Bretagne, la Suède, la Suisse, le système de l'abattage a été appliqué dès le début de l'épizootie et au fur et à mesure de l'apparition des foyers; pour les Pays-Bas et le Danemark, au cours de l'épizootie. Ces deux derniers pays ont aussi usé largement de la vaccination. Le Danemark a pratiqué tantôt l'abattage total, tantôt l'abattage partiel des animaux existant dans les foyers, ce qui pourrait expliquer le nombre relativement grand de foyers constatés dans ce pays, mais à cela il y a une autre cause que nous examinerons spécialement, étant donné son importance. Ainsi que nous l'avons indiqué dans nos études antérieures, les quelques rares foyers observés en Grande-Bretagne, en Suède, en Suisse, aux Pays-Bas, ne sont point des foyers autochtones; ils sont dus à des apports de virus en provenance de contrées voisines où sévit le fléau. Le Danemark a fait momentanément exception à cette règle. En effet, ainsi qu'il a été annoncé par les autorités vétérinaires danoises, il semble bien que les 27 foyers constatés en mai et juin aient été provoqués par le vaccin utilisé au cours de cette période. Cependant grâce aux mesures immédiatement prises, notamment l'abattage des animaux existant dans ces foyers, ceux-ci ont été rapidement éteints et au mois de juillet on n'enregistrait plus, au Danemark, qu'un seul foyer nouveau; de même au mois d'août. Ce ne serait pas la première fois que de pareils faits auraient été observés. C'est ainsi que

([2]) Par « foyers » on entend l'exploitation, la ferme, infectée de fièvre aphteuse.

Michelsen a relaté en 1951 (3) qu'après l'utilisation de lots de vaccin de préparation ancienne, ayant séjonrné un an ou davantage à la chambre froide, on a décelé dans plusieurs troupeaux des symptômes de fièvre aphteuse chez des animaux vaccinés. Sven Schmidt qui avec Waldmann a mis au point la préparation du vaccin anti-aphteux tel qu'il est en usage a admis et démontré lui-même la possibilité de l'existence d'un certain pouvoir infectieux dans divers échantillons de vaccin anti-aphteux (4). Nous avons, en son temps, fourni l'explication de ces faits et nous avons proposé le moyen d'y remédier (5). On doit rapprocher les accidents survenus à l'occasion de la vaccination anti-aphteuse de ceux relatés récemment, aux États-Unis, lors des tentatives d'application généralisée du vaccin de Salk contre la poliomyélite (6), vaccin qui est de même nature que le vaccin aphteux.

De l'ensemble des faits exposés ci-dessus, on peut tirer les déductions et conclusions suivantes :

La *vaccination anti-aphteuse*, telle qu'elle a été pratiquée jusqu'ici s'est révélée impuissante à entraver la marche de l'épizootie et insuffisante à faire disparaître un état enzootique même peu étendu. Aucun des pays tels que l'Allemagne, la Belgique, la France, l'Italie, qui ont utilisé comme principal moyen de lutte, la vaccination, à l'exclusion de l'abattage, n'ont pu se libérer de la fièvre aphteuse depuis 1951 ; la maladie continue de sévir chez eux. La vaccination ne peut avoir que des objectifs très limités ; elle ne peut prétendre à assurer la prophylaxie générale d'une épizootie à caractère aussi rapidement envahissant que la fièvre aphteuse dont le virus est sujet à des fluctuations variées de virulence, à des *mutations imprévisibles*. On ne doit pas oublier que la vaccination ne supprimant pas le virus, la maladie peut, à chaque instant, faire des retours offensifs ; c'est ce qui se passe maintenant en France, en Italie.

La vaccination, dans l'état présent de nos connaissances immunologiques à cet égard, apparaît, d'autre part, inapte à la prévention à longue échéance de l'épizootie aphteuse, étant donné la faible durée de l'immunité qu'elle est capable de conférer ; cette durée n'excédant guère six mois. De plus, les provisions de virus, de vaccin, peuvent être rendues inopérantes du fait de l'apparition de types ou de variantes de virus jusque-là inconnus. Enfin, les vaccins conservés en stock risquent de provoquer des accidents analogues à ceux signalés au Danemark, il y a quelques années et tout récemment encore. Pour l'ensemble de ces raisons, la vaccination ne saurait être érigée, pour le moment du moins, en principe de lutte contre la fièvre aphteuse.

Par contre, ainsi qu'il ressort de faits incontestables, l'épizootie a pu être conjurée dans les pays comme la Grande-Bretagne, la Suède, la Suisse auxquels il faut joindre la Norvège, le Canada, qui plus ou moins fortement menacés d'un envahissement par le fléau aphteux, ont mis en œuvre d'une façon rapide et

(3) E. Michelsen, *Bull. Off. internat. des Épizooties*, 35, 1951, p. 644.

(4) Sven Schmidt, *Bull. Off. internat. des Épizooties*, 33, 1950, p. 260.

(5) G. Ramon, *Bull. Off. internat. des Épizooties*, 37, 1952, p. 102.

(6) G. Ramon, *Comptes rendus*, 240, 1955, p. 1598 et 2273.

persévérante le *système qui consiste à pratiquer en premier lieu, dans les foyers nouvellement décelés, l'abattage des animaux atteints ou suspects de fièvre aphteuse.* La maladie a pu être maîtrisée aux Pays-Bas, au Danemark, en faisant usage, à partir d'un moment donné, du même système.

Ce système est seul capable d'assurer la destruction du virus aphteux, d'empêcher sa multiplication et sa diffusion et d'éviter ainsi les mouvements de flux et de reflux de l'épizootie. Il a fait largement ses preuves puisqu'il a permis aux pays qui l'ont employé, judicieusement et sans défaillance, de juguler la fièvre aphteuse et cela à relativement peu de frais si l'on compare ceux-ci aux pertes considérables que l'épizootie a entraînées et continue d'entraîner dans les pays employant la vaccination comme moyen essentiel de lutte anti-aphteuse. On peut estimer, à l'heure actuelle, les pertes pour l'ensemble de ces derniers pays, ici envisagés, à plusieurs centaines de milliards de francs auxquels il faut ajouter les dépenses occasionnées par la vaccination et un certain manque à gagner du fait des entraves au commerce du bétail, alors que pour l'ensemble des pays ayant appliqué dès le début de l'épizootie le système reposant sur la pratique primordiale de l'abattage, le total des frais comprenant notamment ceux destinés à couvrir les indemnités à verser aux propriétaires des animaux abattus, n'excède pas, en tout, une dizaine de milliards.

Cependant pour avoir son plein effet, c'est-à-dire pour aboutir à l'éradication totale de la fièvre aphteuse sur un continent comme l'Europe, par exemple, le système qui a donné toutes les preuves de sa valeur, dans divers pays, doit être généralisé, ce qui n'exclut pas totalement la pratique de la vaccination, dans certaines circonstances, au moyen d'un vaccin amélioré dans ses qualités et rigoureusement contrôlé dans son innocuité et dans son efficacité. C'est vers ce but que tend le Projet de « *Convention sanitaire internationale pour la prophylaxie de la fièvre aphteuse* » ([7]) dû à l'initiative du Gouvernement français appuyée par des vœux émis par l'Académie des Sciences ([8]), l'Académie de Médecine, l'Académie Vétérinaire, l'Académie d'Agriculture. Ce projet est actuellement soumis aux autres Gouvernements. Il est à souhaiter que dans l'intérêt de l'Économie rurale mondiale, ladite Convention soit maintenant ratifiée et appliquée par la grande majorité des pays sinon par tous.

Tels sont les faits récemment enregistrés. Telles sont les conclusions qui en découlent et qui confirment entièrement celles déjà émises au cours des quatre années d'étude de l'épizootie aphteuse ([9]).

([7]) Ce projet de Convention a été publié dans le *Bull. off. intern. des Épizooties*, **43**, 1955, p. 446.

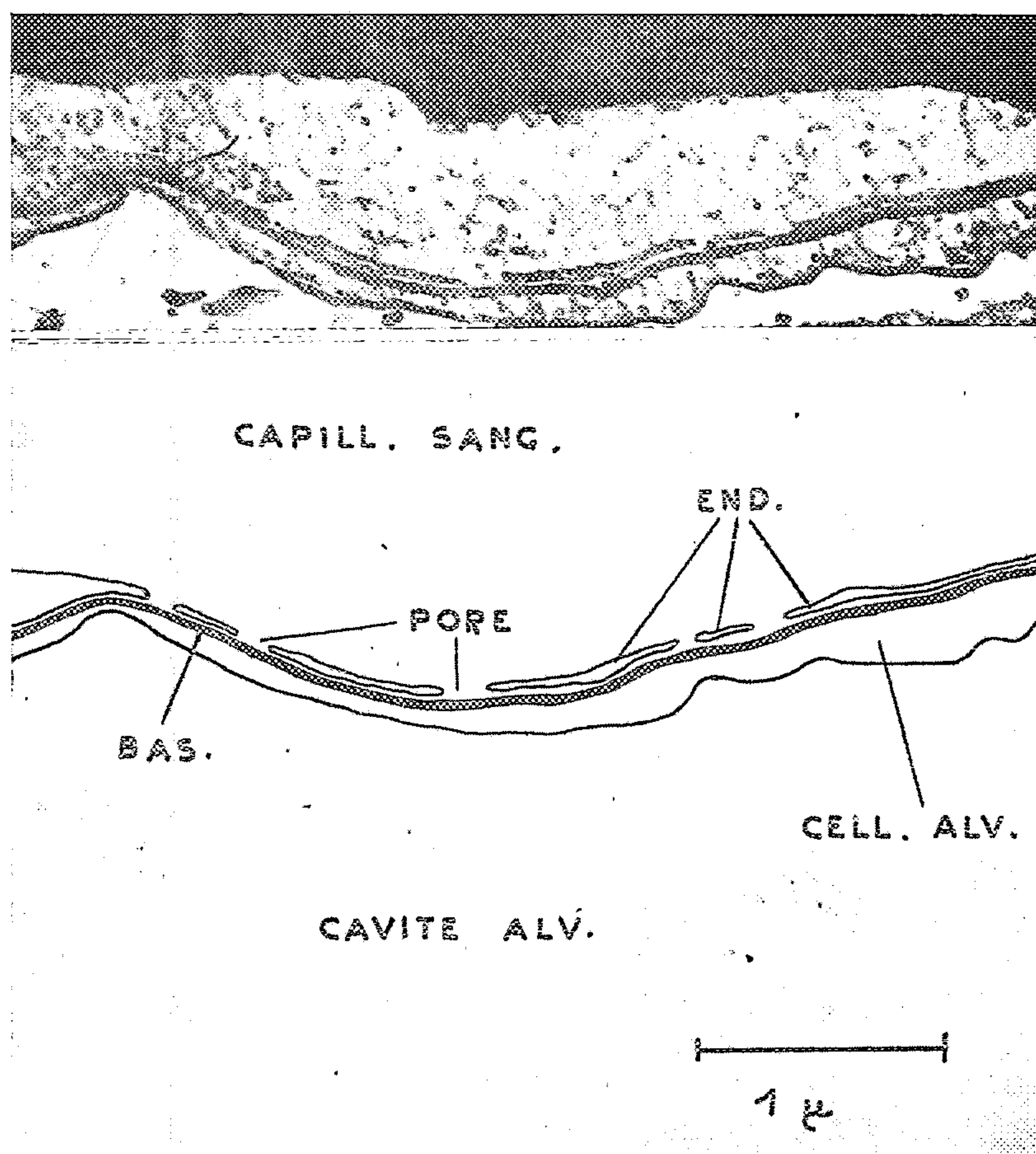
([8]) *Comptes rendus*, **240**, 1955, p. 1382.

([9]) *Voir* l'ensemble de nos publications sur la fièvre aphteuse : *Comptes rendus* (loc. cit.) et *Bull. Off. internat. des Epizooties*, 1951, 1952, 1953, 1954, 1955. Le sujet de la présente Note est développé dans un Mémoire sous presse. G. Ramon, *Bull. Off. internat. des Epizooties*, **43**, 1955, p. 867.

CYTOLOGIE. — *Sur la présence d'un endothélium fenêtré dans les capillaires pulmonaires des Mammifères.* Note (*) de MM. **Albert Policard, André Collet** et Mme **Lucette Giltaire-Ralyte.**

Au microscope électronique, l'endothélium des capillaires pulmonaires semble être perforé de trous de 300 à 1000 Å environ. Il est possible que des vacuoles soient à l'origine de ces perforations; leur nature artificielle peut alors être envisagée.

1. Le microscope électronique a permis de constater le caractère fenêtré de l'endothélium dans les capillaires sanguins de divers organes chez les Mammifères: glomérule rénal, [G. Oberling, A. Gautier, W. Bernhard (1), B. V. Hall (2),



Fragment d'une coupe ultramince de poumon normal de Rat fixé au Palade Gr. = 26000. *Au-dessous*, calque du point représenté. Capill. sang., capillaire sanguin; End, endothelium; Bas., basale du capillaire; Cell. alv., cellule alvéolaire (expansion lamellaire); Cavité alv., cavité alvéolaire.

(*) Séance du 26 septembre 1955.

(1) *Presse médicale*, 59, 1951, p. 938.

(2) *Proc. 5 th ann. Confer. on Nephrotic Symdrome*, 1, 1953.

R. T. W. Reid ([3]), D. C. Pease ([4]), J. F. Rinehart ([5]), Hypophyse antérieure S. L. Palay ([6])].

Nous avons pu faire des constatations du même ordre au niveau des capillaires pulmonaires chez le Rat normal. Dans ses zones les plus aplaties, la couche endothéliale a une épaisseur d'environ 300 à 400 Å. Dans cette couche, on peut constater des trous et des vacuoles.

Les trous, de 600 à 1000 Å environ, sont très variablement espacés; leurs bords sont quelquefois bien dessinés, d'autre fois, mal marqués.

Les vacuoles sont généralement un peu aplaties; elles ont de 300 à 400 Å de large sur 300 de haut environ. On observe très fréquemment des images évoquant une rupture de ces vacuoles.

2. Ces constatations au microscope électronique posent divers problèmes. L'aspect morphologique fait souvent penser à une origine vacuolaire des trous de l'endothélium, au moins des plus petits. Tout semble se passer comme si une vacuole de 300 Å se formait dans le cytoplasma de l'expansion endothéliale, puis se rompait donnant ainsi un trou. La perforation de l'endothélium ne serait pas permanente, mais liée à un processus cytoplasmique passager.

L'origine même de ces vacuoles peut être expliquée de deux façons. Elles peuvent représenter un processus normal. Pour G. E. Palade ([7]) elles seraient l'expression d'un transfert d'eau à travers l'endothélium, transfert se faisant via ces vacuoles, par le jeu d'une sorte de pinocytose. Mais on peut penser aussi qu'au moins une partie de ces vacuoles et de ces perforations seraient d'origine artificielle, liées à l'action du fixateur. Ce problème ne peut être actuellement résolu.

PHYSIOLOGIE. — *Chlorpromazine et indice chronologique vestibulaire.* Note (*) de M. **Georges Mouriquand**, Mme **Violette Edel** et Mlle **Renée Chighizola**.

A l'occasion de nos recherches ([1]) sur l'action de l'acide glutamique et des glutamates sur l'indice chronologique vestibulaire (L. Lapicque) ou chronaxie vestibulaire (C. V.) de G. Bourguignon, nous écrivions qu'il ne nous a pas semblé possible d'attribuer avec certitude une action thérapeutique particulière à ces médicaments (et aux substances antérieurement étudiées par nous :

([3]) *Australian J., exper. Biol.*, **32**, 1954, p. 235.
([4]) *Anat. Rec.*, **118**, 1954, p. 339.
([5]) *Arch. Pathol.*, **59**, 1955, p. 439.
([6]) *Anat. Rec.*, **121**, 1955, p. 348.
([7]) *J. Appl. Phys.*, **24**, 1953, p. 1424.

(*) Séance du 26 septembre 1955.
([1]) *Comptes rendus*, **238**, 1954, p. 1759.

thiamine, acide phosphorique, niacine, etc.) ([2]) d'après leur action sur la chronaxie vestibulaire.

Ces diverses substances ont en effet une action complexe sur le système nerveux, comme sur le reste de l'organisme, dont les modifications qu'elles apportent à la chronaxie ne sont qu'un des éléments.

Pourtant de nos recherches cliniques (enfants) et expérimentales (pigeons, rats) nous avons retenu l'indication que les médicaments abaisseurs de la C. V. (type thyroxine, amphétamine, cola, caféine, strychnine, alcool), comme l'acide glutamique et ses sels étaient en général des excitants neuropsychiques plus ou moins rapides. Ils s'opposent, dans la majorité des cas, aux « élévateurs » (type acide phosphorique, thiamine et groupe B, acide ascorbique, saccharose, voire acide arsénieux à doses thérapeutiques (chorée) qui, à doses modérées, font presque toujours figure de « stabilisateurs ».

En raison de ses actions particulières et multiples sur le système nerveux : antispasmodique, antichoc, neuroplegique, etc., il nous a semblé que la chlorpromazine devait être un bon sujet d'études pour apprécier son action sur la C. V. et ses relations possibles avec le fonctionnement de telle ou telle partie du système nerveux.

Théoriquement cette substance pouvait appartenir au groupe des « élévateurs » de la C. V. en raison de ses actions sus-indiquées.

L'expérimentation a vérifié cette hypothèse, comme l'indiquent les exemples suivants :

Pigeon au régime équilibré du chenil (assurant par lui-même une permanance normale de la C. V.), reçoit en une fois 10 mg de chlorpromazine. La chronaximétrie pratiquée pendant la première heure indique :

Au départ-C. V., 10 σ; après 15 mn, 15 σ; après 25 mn, 17 σ; id après 30, 40 et 50 mn (comme si le plafond pour cette dose unique ne pouvait être ici dépassé; 3 jours après sa suppression la C. V. était à 15 σ, 5 jours après à 11 σ, proche de son point de départ).

Pour apprécier non plus l'action passagère d'une dose mais l'action cumulative de la chlorpromazine sur la C. V., nous avons donné quotidiennement (pigeon au régime du chenil) 5 mg de chlorpromazine : départ, 12 σ; après 2 jours, 14 σ; après 4 jours, 16 σ; après 6 jours, 18 σ; après 16 jours, 20 σ; puis léger fléchissement au 23e jour, 18 σ; au 25e jour, 17 σ (ce léger fléchissement semble marquer le début d'une imprégnation toxique; le fait vu par nous pour d'autres substances : amino-2-pyridine axerophtol, etc.).

Un autre pigeon au même régime équilibré reçoit tous les jours 2 mg de chlorpromazine :

Départ, 14 σ; 3e jour, 16 σ; 7e jour, 16 σ; 10e jour, 18 σ; 17e jour, 19 σ;

([2]) G. Mouriquand et J. Coisnard, *Presse Médicale*, n° 12, mars 1946, p. 173.

22[e] jour, 26 σ; 23[e] jour, 23 σ; 31[e] jour, 25 σ; 33[e] jour, 26 σ; 43[e] jour, 25 σ; 50[e] jour, 25 σ.

(Bien toléré, sans signes physiques d'intoxication.)

Il était intéressant de se demander quelle était l'action de la chlorpromazine sur un organisme carencé (carence pouvant modifier son action) (régime Eijkman, riz blanc), la C. V. étant mesurée pendant la première heure : 5 mg de chlorpromazine.

Départ, 11 σ, + 15 mn, 12 σ, + 30 mn, 14 σ; 50 mn, 14 σ.

On donne ensuite quotidiennement 2 mg de chlorpromazine.

Départ, 14 σ; 3[e] jour, 14 σ; 8[e] jour, 15 σ; 13[e] jour, 17 σ; 17[e] jour, 17 σ; 22[e] jour, 16 σ; à partir du 24[e] jour, chute brusque de la C. V. à 0 σ. (Première manifestation de la carence.) Cette chute à 0 σ s'est maintenue jusqu'à la mort (48[e] jour) sans signes béribériques (observés chez les témoins).

Autre exemple : un pigeon au chenil dont la C. V. s'était élevée jusqu'à 25 σ au 50[e] jour sous l'action de 2 mg de chlorpromazine est mis au régime carencé (riz blanc + 2 mg de chlorpromazine). 1[er] jour, 25 σ; 4[e] jour, 22 σ; 9[e] jour, 22 σ jusqu'au 14[e] jour; 16[e] jour, 20 σ; 21[e] jour, 5 σ; 23[e] jour, 1 σ; 25[e] jour, à 0 σ (crise béribérique, guérison rapide par la thiamine qui ne relève pas la C. V.).

A noter chez ces carencés que pendant la période de précarence la chlorpromazine a poursuivi son action élévatrice de la C. V. mais dès l'effondrement à 0 σ, même après guérison des signes moteurs par la thiamine, elle n'a pu reprendre cette action (fait de dissociation d'action vitaminique déjà signalé) [3].

Il résulte de ces faits que la chlorpromazine doit être classée parmi les élévateurs de la C. V. Ce fait peut-il expliquer son action thérapeutique? sur ce point la prudence s'impose, nous avons dit pourquoi.

Cette action incite en tout cas (comme pour d'autres substances médicamenteuses ou toxiques) à se demander s'il existe un « centre » commandant la C. V. et où siège ce centre ou sur quelles parties du « système » nerveux agissent ces substances.

D'abord ce centre est-il le même que celui de la chronaxie neuromusculaire (L. Lapicque)? Les résultats obtenus par P. Chauchard [4] étant généralement parallèles aux nôtres concernant les réactions de cette dernière chronaxie en présence des médicaments (élevateurs ou abaisseurs) pourrait amener à le penser.

Si un centre différencié existe faut-il le localiser dans le mesencéphale (noyau rouge) [5] ?

Pourtant, au moins en ce qui concerne l'action de la chlorpromazine,

---

(3) G. MOURIQUAND, *Semaine des Hôpitaux*, n° 23, 14 avril 1955, p. 1312-1318.

(4) *Revue Scientifique* n° 3292, 15 janvier 1948, fasc. 2 de la 86[e] année, p. 87-104.

(5) A. B. HOUSSAY, *Physiologie humaine*, p. 1141.

G. Morin et coll (6) concluent à son action très générale portant plus sur la substance réticulée du tronc cérébral et sur les effecteurs périphériques que sur le système neurovégétatif. Divers auteurs ont par ailleurs discuté ce problème (Malmejac, etc.) (7).

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Université de Paris. *Les Conférences du Palais de la Découverte*. Série A, n° 209,210. Série D, n° 36, 37.

2° Roland Chaussinand. *La Lèpre*.

3° *Protein malnutrition. Proceedings of a conference in Jamaica* (1953), *sponsored jointly by the Food and Agriculture Organization of the United Nations* (*F. A. O.*), *World Health Organization* (*W. H. O.*), *Josiah Macy Jr. Foundation, New York*, edited by J. C. Waterlow.

THÉORIE DES GROUPES. — *Sur les groupes simplement transitifs d'automorphismes analytiques*. Note de M. **Jean-Louis Koszul**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

Cette Note porte sur les formes différentielles que permet de définir la donnée d'un groupe simplement transitif d'automorphismes analytiques sur une variété complexe. L'étude de ces formes donne, dans le cas des domaines bornés, des renseignements sur la structure des groupes introduits par Iwasawa.

1. Soit V une variété analytique complexe admettant un groupe simplement transitif G d'automorphismes analytiques. On supposera que G est un groupe de Lie et l'on désignera par $\mathfrak{g}$ l'algèbre de Lie des champs de vecteurs de V invariants par G. Cette algèbre est isomorphe à l'algèbre de Lie du groupe G. La structure analytique complexe de V définit un endomorphisme I de $\mathfrak{g}$ tel que $I^2X = -X$ et $[X, Y] + I[IX, Y] + I[X, IY] - [IX; IY] = 0$ quels que soient X, $Y \in \mathfrak{g}$ (1). Il existe sur V un volume réel invariant par G, défini à un facteur constant près, qui, pour un choix de coordonnées locales complexes $z_i (i = 1, 2, \ldots, n)$ dans V, s'écrira $K\, dz_1 \wedge \ldots \wedge dz_n \wedge d\bar{z}_1 \wedge \ldots \wedge d\bar{z}_n$. On désignera par $\mathcal{B}$ la forme hermitienne sur V qui s'écrit localement

(6) *XVe Congrès des Pédiatres de Langue Française*, Marseille, mai 1955.

(7) J. Malmejac et P. Plan, *C. R. Soc. Biol.*, 149, avril 1955, p. 677.

(1) *Cf.* B. Eckmann et E. Fröhlicher, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 2284.

$(\partial^2 \operatorname{Log} K/\partial z_i \partial \bar{z}_j)\, dz_i\, d\bar{z}_j$ et par Ω la forme différentielle extérieure qui s'écrit localement $\sqrt{-1}\,(\partial^2 \operatorname{Log} K/\partial z_i \partial \bar{z}_j)\, dz_i \wedge d\bar{z}_j$. Ces formes $\mathcal{B}$ et Ω sont des formes invariantes par G qui sont entièrement déterminées par la variété complexe V et le groupe transitif G.

THÉORÈME 1. — *La forme* 2Ω *est la différentielle extérieure de la forme* ψ *invariante par* G *définie par la condition*

$$\psi(X) = \operatorname{Trace}[\operatorname{ad}(IX) - I\operatorname{ad}(X)]$$

pour tout $X \in \mathfrak{g}$ (²).

Quels que soient $X, Y \in \mathfrak{g}$, on a donc

$$\mathcal{B}(X, Y) = \Omega(X, IY) = \frac{1}{2}\psi([X, IY]).$$

2. Si V est un *domaine borné,* la forme $\mathcal{B}$ définit la métrique kählerienne de S. Bergmann et les formes $\mathcal{B}$ et Ω sont invariantes par *tout* automorphisme analytique de V. La forme Ω étant de rang maximum les volumes invariants sur V sont égaux, à un facteur constant près, à la puissance extérieure $n^{\text{ième}}$ de Ω qui, d'après le Théorème 1 est la différentielle d'une forme *invariante* par G et de degré $2n-1$. On en déduit qu'*un groupe unimodulaire ne peut être un groupe d'automorphismes simplement transitif sur un domaine borné.*

On supposera dans la suite que V est un *domaine borné symétrique* simplement connexe (au sens de E. Cartan). Il existe alors toujours des groupes résolubles simplement transitifs sur V, notamment les sous-groupes d'Iwasawa du groupe semi-simple $\mathfrak{A}$ de tous les automorphismes analytiques de V que nous appellerons les groupes d'Iwasawa de V (³). En s'appuyant sur le théorème 1, on démontre que :

Si G *est groupe d'Iwasawa d'un domaine borné symétrique* V :

a. le sous-espace des $X \in \mathfrak{g}$ *orthogonaux à l'idéal dérivé* $[\mathfrak{g}, \mathfrak{g}]$ *pour la forme* $\mathcal{B}$ *est une sous-algèbre abélienne maximale* $\mathfrak{h}$ *de* $\mathfrak{g}$*; pour tout* $H \in \mathfrak{h}$, *on a* $\mathcal{B}([H, X], Y) = \mathcal{B}(X, [H, Y])$ *quels que soient* $X, Y \in \mathfrak{g}$*;*

b. il existe dans $\mathfrak{h}$ *une base formée d'éléments* $H_i (i = 1, 2, \ldots, p)$ *deux à deux orthogonaux pour la forme* $\mathcal{B}$ *et tels que*

$$[IH_i, IH_j] = 0, \qquad \text{et} \qquad [H_i, IH_j] = \delta_{ij}\, IH_j$$

quels que soient i, j (δ_{ij} *étant l'indice de Kroneker*)*;*

c, la forme ψ *est nulle sur le sous-espace de* $\mathfrak{g}$ *orthogonal à* $I\mathfrak{h}$ *pour la forme* $\mathcal{B}$.

3. *De la propriété c résulte facilement le*

THÉORÈME 2. — *Si* G *est un groupe d'Iwasawa d'un domaine borné symétrique, la forme* ψ', *invariante par* G, *définie par* $\psi'(X) = \psi(IX)$ *est une forme fermée.*

(²) Pour la démonstration, *cf.* un Mémoire à paraître au *Canadian Journal of Mathematics.*

(³) *Cf.* K. IWASAWA, *Ann. Math.*, 50, 1949, p. 507-558.

Corollaire. — *Si V est un domaine borné symétrique simplement connexe, il existe sur V une forme ω et une seule de type* (o, 1), *invariante par G et telle que* $d\omega = \Omega$.

C'est la forme $\omega = \psi - \sqrt{-1}\,\psi'$. Pour tout $s \in \mathfrak{A}$, la forme Ω étant invariante par s, $\omega - s\omega$ est la différentielle d'une fonction holomorphe sur V, qui n'est en général pas une constante car ω n'est pas invariante par $\mathfrak{A}$.

Exemple. — Soit V le domaine des matrices complexes à p lignes et p colonnes $Z = X + \sqrt{-1}\,Y$ telles que $X' = X$, $Y' = Y$ et $Y > 0$ (4). Un groupe d'Iwasawa G de V est constitué par les transformations $Z \to (AZ + B)D^{-1}$, où A, B, D sont des matrices réelles à p lignes et p colonnes vérifiant les conditions suivantes : $A'D = E$ (matrice unité), $AB' = BA'$, A est une matrice triangulaire de déterminant > 0. On vérifie que la forme Trace $Y^{-1}\,dX$ est invariante par G. Sa valeur au point $\sqrt{-1}\,E$ de V montre que $\psi = (p+1)\,\text{Trace}\,Y^{-1}\,dX$. On a donc $\psi' = -(p+1)\,\text{Trace}\,Y^{-1}\,dY$ et $\omega = (p+1)\,\text{Trace}\,Y^{-1}\,dZ$.

TOPOLOGIE. — *Le produit de Whitehead et l'invariant de Hopf.* Note de M. Hirosi Toda, présentée par M. Arnaud Denjoy.

Une relation concernant le produit de Whitehead. Application au calcul des groupes d'homotopie des sphères $\pi_{n+14}(S_n)$ et $\pi_{n+15}(S_n)$. Il n'existe pas d'application $S_{31} \to S_{16}$ d'invariant de Hopf égal à 1.

Soit $\iota_n \in \pi_n(S_n)$ la classe de l'identité sur S_n. Soit $\alpha' \in \pi_p(S_r)$ [resp. $\beta' \in \pi_q(S_s)$] un élément tel que le produit de Whitehead $[\alpha', \iota_r]$ soit nul (resp. $[\beta', \iota_s] = 0$). Comme la classe de la construction de Hopf (1) d'une application $S_p \times S_r \to S_r$ de type (α', ι_r) [resp. $S_q \times S_s \to S_s$ de type (β', ι_s)], nous avons un élément $\alpha \in \pi_{p+r+1}(S_{r+1})$ d'invariant de Hopf $H(\alpha) = E^{r+1}\alpha'$ pour $p < 3r - 1$ [resp. $\beta \in \pi_{q+s+1}(S_{s+1})$; $H(\beta) = E^{s+1}\beta'$ pour $q < 3s - 1$], où E^k indique la suspension de Freudenthal itérée k fois. Alors on a la formule suivante :

Théorème 1. $E^s\alpha \circ E^{p+r}\beta - (-1)^{pq}E^r\beta \circ E^{q+s}\alpha = \pm[\iota_{r+s+1},\ E^{s+1}\alpha' \circ E^{p+1}\beta']$ si $p, q < r + s$.

Les méthodes employées dans (2) sont aussi utilisées pour le calcul des groupes d'homotopie suivants :

Théorème 2. *a*. $\pi_{17}(S_3) = Z_{30}$, $\pi_{18}(S_4) = Z_{1512} + Z_2 + Z_{30}$, $\pi_{19}(S_5) = Z_6 + Z_2$, $\pi_{20}(S_6) = Z_{12} + Z_2$, $\pi_{21}(S_7) = Z_{24} + Z_4$, $\pi_{22}(S_8) = Z_{240} + Z_{24} + Z_4$, $\pi_{23}(S_9) = Z_{16} + Z_4$, et $\pi_{24}(S_{10}) = \pi_{25}(S_{11}) = Z_{16} + Z_2$;

---

(4) Ce domaine est équivalent à un domaine borné symétrique irréductible de type III ; *cf.* C. L. Siegel, *Analytic functions of several complex Variables*, Princeton, 1948.

(1) *Ann. Math.*, 51, 1950, p. 192-237.

(2) H. Toda, *Comptes rendus*, 240, 1955, p. 42.

b. $\pi_{18}(S_3)=\pi_{19}(S_4)=Z_{30}$, $\pi_{20}(S_5)=Z_{30}+Z_2$, $\pi_{21}(S_6)=Z_{60}+Z_{18}$, $\pi_{22}(S_7)=Z_{120}+Z_2+Z_2+Z_2$, $\pi_{23}(S_8)=Z_{120}+Z_2+Z_2+Z_2+Z_2+Z_2$, $\pi_{24}(S_9)=Z_{240}+Z_2+Z_2+Z_2$, $\pi_{25}(S_{10})=Z_{240}+Z_2+Z_2$, et $\pi_{26}(S_{11})=\pi_{27}(S_{12})=Z_{240}+Z_2$.

Définissons les éléments η_n, τ'', τ', τ et σ_n comme en ([3]); alors la composition $\sigma_n\circ\sigma_{n+7}\in\pi_{n+14}(S_n)$ est d'ordre 16 pour $8\leq n\leq 11$. Puisque $H(\tau'')=\eta_9\circ\eta_{10}\circ\eta_{11}$, $H(\tau')=\eta_{11}\circ\eta_{12}$, $H(\tau)=\eta_{13}$ et $H(\sigma_8)=\iota_{15}$, le théorème 1 entraîne les relations $[\eta_{12}\circ\eta_{13}\circ\eta_{14}, \iota_{12}]=0$, $[\eta_{13}\circ\eta_{14}, \iota_{13}]=8\sigma_{13}\circ\sigma_{20}$, $[\eta_{14}, \iota_{14}]=4\sigma_{14}\circ\sigma_{21}$ et $[\iota_{15}, \iota_{15}]=2\sigma_{15}\circ\sigma_{22}$. Par les suites exactes (S) et (S_2) de ([2]) on a les résultats suivants :

Théorème 3. *a*. $\pi_{26}(S_{12})=Z_{16}+Z_2+Z_{12}$, $\pi_{27}(S_{13})=Z_{16}+Z_2$, $\pi_{28}(S_{14})=Z_8+Z_2$, $\pi_{29}(S_{15})=Z_4+Z_2$ *et* $\pi_{n+14}(S_n)=Z_2+Z_2$ *pour* $n\geq 16$.

b. $E^{n-13}:\pi_{28}(S_{13})\to\pi_{n+15}(S_n)$ *est un isomorphisme* (*sur*) *pour* $13<n\neq 16$; $\pi_{31}(S_{16})=\pi_{28}(S_{13})+Z$.

Corollaire. — *Il n'existe pas d'application de* S_{31} *dans* S_{16} *dont l'invariant de Hopf soit* 1.

Puisque $[\eta_{12}\circ\eta_{13}\circ\eta_{14}, \iota_{12}]=0$, il existe un élément $\gamma\in\pi_{28}(S_{13})$ tel que $H(\gamma)=\eta_{25}\circ\eta_{26}\circ\eta_{27}$.

Lemme. γ *est d'ordre* $32k$, *où* k *est un entier impair*.

Plus précisément $2k\gamma$ appartient à la construction torique $\{\sigma_{13}, 16\iota_{20}, \sigma_{20}\}$. Alors on a

Théorème 4. $\pi_{n+15}(S_n)=Z_{480}+Z_2$ *pour* $13\leq n\neq 16$.

AÉROTECHNIQUE. — *L'isothermie de l'écoulement à l'orifice, conséquence théorique de la loi expérimentale de décompression. Essai d'établissement d'une équation d'impulsion*. Note de M. **François Violette**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

La conséquence théorique essentielle de la relation tirée de nos expériences sur la décompression des cabines ([1]), ([2]), est qu'à l'orifice tout se passe comme si l'écoulement était isotherme et à la température finale de détente. Elle conduit à une équation d'impulsion rattachant cette relation aux principes de la thermodynamique.

Dans deux précédentes Notes ([1]), ([2]) nous avons montré que l'évolution de la pression dans une cabine qui se décomprime s'exprime fort bien par la relation

$$p=p_a \operatorname{ch} K(t_0-t), \tag{1}$$

([3]) *Comptes rendus*, 240, 1955, p. 147. Dans cette Note on doit écrire que $\pi_{22}(S_9)=Z_6$.

([1]) *Comptes rendus*, 236, 1953, p. 2213.

([2]) *Comptes rendus*, 241, 1955, p. 791.

avec

t_0, temps de décompression de la cabine;

p, pression instantanée au temps t;

p_a, pression finale;

K, coefficient expérimental fixe que nous avons montré être remarquablement constant et égal à

(2) $$K = \frac{A}{V}\sqrt{\frac{p_a}{\rho_a}}K_c,$$

avec

A/V, coefficient de fuite, rapport de la surface A de l'orifice d'écoulement au volume V de la cabine;

ρ_a, masse spécifique du gaz dans les conditions finales;

K_c, coefficient sans dimensions correspondant à un coefficient de contraction de veine et égal dans nos expériences à $0,9 \pm 0,02$.

La double constatation expérimentale :

1° constance du coefficient K au cours d'une décompression donnée;

2° proportionnalité de K à $\sqrt{p_a/\rho_a}$

conduit à des conséquences intéressantes concernant les phénomènes artificiels.

A l'intérieur de la cabine, la détente du gaz est progressive et adiabatique et au cours de l'écoulement le gaz de la cabine se refroidit avec régularité en fonction de p/p_a.

A la suite des travaux de Saint-Venant ([3]), les thermodynamiciens ont été amenés à supposer que la détente du gaz dans la veine d'écoulement est, elle aussi, progressive et que dans le régime « supersonique » d'Hugoniot ([3]) la masse spécifique orificielle est en rapport constant avec celle du gaz de la cabine mais sans rapport avec celle de l'extérieur. Une telle hypothèse entraîne, entre autres conséquences, une variation continue de la vitesse du son à l'orifice et du coefficient K au cours de la décompression.

Or, l'expérience nous a montré que K était au contraire extrêmement constant au cours d'une décompression donnée et proportionnel à $\sqrt{\frac{p_a}{\rho_a}}$ [équation (2)]. On est donc amené à conclure qu'à l'orifice le gaz est à la température finale et à admettre le caractère isotherme de l'écoulement à ce niveau.

Une conséquence intéressante en découle immédiatement : la masse spécifique du gaz à l'orifice ρ_{or} est différente de la masse spécifique à l'intérieur de la cabine ρ_i. Celle-ci est évidemment : $\rho_i = \rho_i\left(\frac{p}{p_a}\right)^{\frac{1}{n}}$,

n étant le coefficient polytropique de détente tandis que la masse à l'orifice interne est tout simplement

(3) $$\rho_{or} = \rho_a \frac{p}{p_a}.$$

([3]) H. BOUASSE, *Jets, tubes et canaux*, Paris, Delagrave, 1923, p. 438.

Ceci conduit à supposer une détente très rapide du gaz aux environs de l'orifice où règne la température finale de détente.

En résumé, nos expériences montrent que tout se passe comme si la détente se produisait brutalement au niveau de l'orifice, en entraînant un abaissement de température et des conditions isothermes à la température finale.

Ce résultat nous amène à formuler une équation d'écoulement théorique qui tienne compte des données expérimentales.

Calculons la vitesse moyenne U_m acquise par un gaz dont la masse spécifique ρ_m est intermédiaire entre les masses spécifiques, d'une part, à l'orifice interne $\rho_a(p/p_a)$, d'autre part, à l'extérieur ρ_a, sous l'action de la chute de pression $p-p_a$ éprouvée à l'orifice. On a évidemment

(4) $$\frac{\rho_m U_m^2}{2}=p-p_a.$$

Mais si la détente dont nous avons vu le caractère isotherme se produit sur un court espace, on peut admettre que ρ_m représente la moyenne arithmétique entre $\rho_a(p/p_a)$ et ρ_a et que l'on a très sensiblement

(5) $$\rho_m=\rho_a\left(\frac{p+p_a}{2p_a}\right),$$

d'où l'on tire

(6) $$U_m=\sqrt{\frac{4p-p_a}{\rho_a\left(\dfrac{p+p_a}{p_a}\right)}}=2\sqrt{\frac{p_a}{\rho_a}}\sqrt{\frac{p-p_a}{p+p_a}}.$$

Or d'après la formule générale des écoulements gazeux la variation de masse dans une cabine de volume V est égale à la masse de gaz détendu qui s'écoule par l'orifice de fuite, équation que l'on peut écrire

(7) $$-\frac{d\rho_{or}}{dt}=\frac{A}{V}\rho_m U_m$$

et expliciter à partir des équations (5) et (6) en

(7′) $$-\frac{d\rho_{or}}{dt}=\frac{A}{V}\sqrt{\frac{p_a}{\rho_a}}\rho_a\sqrt{\left(\frac{p}{p_a}\right)^2-1},$$

d'où l'on tire immédiatement

(8) $$dt=\frac{V}{A}\sqrt{\frac{\rho_a}{p_a}}\frac{d\rho_{or}}{\rho_a}\frac{1}{\sqrt{\left(\dfrac{p}{p_a}\right)^2-1}}$$

Or, on a en raison de (3) : $d\rho_{or}/\rho_a=dp/p_a$, on peut donc écrire (8) :

(8′) $$dt=\frac{V}{A}\sqrt{\frac{\rho_a}{p_a}}\frac{1}{p_a}\frac{dp}{\sqrt{\left(\dfrac{p}{p_a}\right)^2-1}}$$

dont l'intégration permet de retrouver immédiatement (1) à la constante d'écoulement K_c près.

Ainsi en suivant pas à pas la réalité expérimentale et les conséquences qu'elle entraîne et en ajoutant une hypothèse très vraisemblable, on parvient à la démonstration d'une formule qui représente très fidèlement la réalité.

ASTROPHYSIQUE. — *Effet de la pression sur les périodes radioactives.*

Note (*) de M. **Evry Schatzman**, présentée par M. André Danjon.

Sous l'effet de la pression se produit une modification de la barrière de potentiel qui entraîne une augmentation de la période radioactive. L'augmentation n'est sans doute appréciable pour les radioeléments naturels qu'aux très hautes densités ($\rho > 10^{10}$), cependant réalisées dans certaines étoiles.

Aux très hautes densités, le cortège d'électrons est tellement comprimé autour du noyau que la forme de la barrière de potentiel s'en trouve modifiée. L'effet a une grande importance pour les réactions thermonucléaires ([1]). On pouvait se demander, surtout à la suite des considérations de V. A. Ambarzoumian sur la « matière préstellaire » ([2]), si, inversement, la période des éléments radioactifs ne pouvait pas se trouver allongée par les modifications de la barrière de potentiel.

Prenons ([3]) comme unité de longueur μ, telle que $r = \mu x$, avec $\mu = a_0 (9\pi^2/128)^{1/3}$, où $a_0 = h^2/4\pi^2 m e^2$ est le rayon de Bohr de l'atome d'hydrogène.

Dans ces conditions, la solution de l'équation de Thomas-Fermi, $\Phi'' = x^{-1/2}\Phi^{3/2}$ conduit au potentiel $V = E_0 + (Ze\Phi/\mu x)$. La constante E_0 est ajustée de façon que V soit exactement égal à Ze/r quand $r \to 0$. Avec les notations de Feynman, Metropolis et Teller ([4]), au voisinage de $x = 0$, on a

$$\Phi = 1 + a_2 x + \frac{4}{3} x^{\frac{3}{2}} + \frac{2}{5} a_2 x^{\frac{5}{2}} + \dots \qquad (1)$$

On prendra donc

$$V = \frac{Ze}{\mu}\left(x^{-1} + \frac{4}{3} x^{\frac{1}{2}} + \frac{2}{5} a_2 x^{\frac{3}{2}} + \dots\right). \qquad (2)$$

La valeur de a_2 est liée à la valeur du rayon de l'atome μx_0 et à la valeur Φ_0 de Φ en ce point. La pression P est $P = (1/10\pi)(Z^2 e^2/\mu^4)(\Phi_0/x_0)^{5/2}$. On notera que le potentiel perturbé dépend de la pression seulement par le terme a_2.

(*) Séance du 26 septembre 1955.

([1]) E. Schatzman, *J. Phys. Rad.*, 9, 1948, p. 46.

([2]) *Publ. Obs. Burakan*, 13, 1954.

([3]) Slater et Krutter, *Phys. Rev.*, 47, 1935, p. 559.

([4]) *Phys. Rev.*, 75, 1949, p. 1561.

Si l'on écrit pour l'énergie E de la particule de charge Z_2 émise par le noyau $E = \eta_1(ZZ_2 e^2/\mu)$, l'intégrale qui intervient dans la théorie de la barrière de potentiel peut s'écrire, en prenant $(ZZ_2 e^2/\mu)$ comme unité d'énergie :

$$(3) \qquad \int_0^{x_1} \sqrt{\eta - \eta_1}\, dx = \int_{\eta_1}^{\infty} \sqrt{\eta - \eta_1}\, \frac{-dx}{d\eta}\, d\eta.$$

Comme $x = \eta^{-1} + (4/3)\,\eta^{-5/2} + (2/5)\,a_2\eta^{-7/2} + \ldots$ on obtient aisément l'intégrale de η_1 à l'infini :

$$\frac{\pi}{2}\eta_1^{-\frac{1}{2}} + \frac{8}{9}\eta_1^{-2} + \frac{16}{75}a_2\eta_1^{-3}.$$

Dans le cas d'une barrière coulombienne, la transparence de la barrière de potentiel est $G = e^{-2W_c}$ avec

$$2W_c = \frac{4\pi^2 e^2 ZZ_2}{h}\left(\frac{m\mu}{2ZZ_2 e^2}\right)^{\frac{1}{2}}\eta^{-\frac{1}{2}}.$$

La variation de $2W_c$ est alors

$$(4) \qquad \Delta(2W_c) = 2W_c\left(\frac{16}{9\pi}\eta_1^{-\frac{3}{2}} + \frac{32}{75\pi}a_2\eta_1^{-\frac{5}{2}} + \ldots\right)$$

Dans le cas de l'uranium U_{238}^{92},

$$\eta_1 = 174 \qquad \text{et} \qquad P = 10^{13,157} Z^{\frac{10}{3}}\left(\frac{\Phi_0}{x_0}\right)^{\frac{7}{2}} = 10^{19.704}\left(\frac{\Phi_0}{x_0}\right)^{\frac{5}{2}}.$$

De $(\Phi_0/x_0) = 0$, à $(\Phi_0/x_0) = 1{,}7$, α_2 varie de -1.58874 à -1. Étant donné la grande valeur de η_1, et bien que $2W_c = 172$, la variation $\Delta(2W_c)$ est insignifiante.

A de très hautes densités, on peut se satisfaire de l'approximation (1) :

$$V = \frac{Ze}{\mu x}\left[1 + \frac{1}{2}\left(\frac{x}{x_0}\right)\right]^3$$

qui permet de calculer l'intégrale (3) :

$$\frac{\pi}{2}\eta_1^{-\frac{1}{2}} + \frac{35\pi}{128}\eta_1^{-\frac{7}{2}}x_0^{-3}$$

d'où la variation

$$(4') \qquad \Delta(2W_c) = (2W_c) \times \frac{70}{128}(\eta_1 x_0)^{-3}.$$

Si l'on pose $\Delta(2W_c) \cong 1$ (période multipliée par e), on obtient $x_0 \cong 3.10^{-2}$, d'où la densité $\rho \cong 3{,}5\ 10^9\ \mathrm{g.cm^{-3}}$,

Les variations de période radioactive aux très hautes densités peuvent avoir des conséquences importantes sur la formation des éléments radioactifs [5], la courte période du Polonium paraissant jusqu'à présent être un obstacle infranchissable.

---

(5) CAMERON, *Ap. J.*, **121**, 1955, p. 144.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur une méthode nouvelle d'obtention des niveaux de rotation nucléaires.* Note de M. **Claude Marty**, présentée par M. Louis de Broglie.

On considère le modèle simple d'un cœur couplé à N nucléons et l'on étudie les propriétés générales de l'hamiltonien correspondant, sans supposer que les nucléons aient des orbitales bien définies.

1. Les niveaux de rotation nucléaires ont été mis en évidence pour la première fois grâce à un modèle unifié de type hydrodynamique (1) : on admet qu'une partie des nucléons d'un noyau forme un cœur responsable des propriétés collectives, tandis que N nucléons gardent des caractères individuels. Malgré son aspect théorique grossier et son adéquation approximative aux données expérimentales, un tel modèle a rendu de grands services pour débrouiller les spectres de rotation, les intensités de transitions β et γ, etc. On se propose de montrer ici qu'un tel modèle possède des propriétés très générales et que l'hypothèse d'un couplage fort cœur-nucléons suffit à elle seule à expliquer les niveaux de rotation. En même temps la méthode développée n'oblige pas à fixer des valeurs bien définies aux orbitales des N nucléons, ce qui permet de lever une difficulté du raisonnement initial de A. Bohr.

2. Considérons donc un noyau formé d'un cœur C et de N nucléons couplés à celui-ci. N n'a pas besoin d'être défini explicitement, à ceci près qu'il doit être impair pour les noyaux impairs, pair dans les autres cas. A l'extrême limite N peut être égal au nombre total des nucléons du noyau, mais alors le cœur perd tout son sens en tant que modèle simple et l'on voit apparaître des conditions supplémentaires analogues à celles que l'on rencontre dans la théorie du centre de gravité (2); nous n'examinerons pas ce cas limite ici. L'hamiltonien H_p des N nucléons, de masse m, est :

$$\text{(1)}\qquad H_p=\sum_{ai}\frac{p_{ai}^2}{2m}+\sum_{a}V(r_a)+\hbar^2\sum_{ai}\xi(r_a)\,l_{ai}s_{ai}+\sum_{a>b}V(a,b)$$

Dans (1), a numérote les nucléons, i les composantes des vecteurs moment cinétique $\vec{p}_a$, moment orbital $\vec{l}_a$, spin $\vec{s}_a$, repérés dans le système d'axes du laboratoire. $V(r_a)$, $\xi(r_a)$ représentent des potentiels centraux, $V(a, b)$ une interaction de forme quelconque entre les nucléons a et b. Le cœur sera représenté par une goutte de matière nucléaire déformée linéairement. Son hamiltonien H_c sera formé à partir du tenseur des déplacements ψ_{ij} (3) et

(1) A. Bohr *Det. Kgl. Danske Vid. Selsk*, **26**, n° 14, 1952.

(2) R. Nataf, *Comptes rendus*, **240**, 1955, p. 2510; **241**, 1955, p. 31.

(3) G. Wentzel, *Lectures on Strong Coupling Meson Theory* (Univ. of Rochester, 1954).

de $\pi_{ij} = -i\hbar(1+\delta_{ij})\,\partial/\partial\psi_{ij}$

(2) $$H_c = \frac{1}{4B}\sum_{ij}\pi_{ij}^2 + \frac{C}{2}\sum_{ij}\psi_{ij}^2 + \frac{C'}{2}\psi^2$$

avec $\psi = \mathrm{tr}\,\psi_{ij}$, B, C, C′ sont des constantes caractéristiques de la matière nucléaire.

Le couplage cœur-nucléons sera représenté par un hamiltonien du type statique :

(3) $$H_{\rm int} = -\sum_a K(r_a)\sum_{ij}\left(r_{ai}r_{aj} - \frac{1}{3}\delta_{ij}r_a^2\right)$$

$K(r_a)$ exprimant la dépendance radiale de ce potentiel.

L'équation de Schrödinger du système total est :

(4) $$(H_p + H_c + H_{\rm int} - E)\langle x_{ai},\, \psi_{ij}\,|\,\tau\,\mathrm{EIM}\rangle = 0$$

où I et M représentent respectivement la longueur du moment angulaire total et de sa projection sur un axe fixe et τ d'autres nombres quantiques pour spécifier complètement l'état.

3. Ainsi que A. Bohr [2] l'a montré, il est avantageux pour étudier le cas du couplage fort de passer à un système de référence lié aux axes d'inertie du cœur C. Ce nouveau système est défini par des angles d'Euler θ_a par rapport au système du laboratoire.

Si nous désignons par des indices grecs μ, ν ... les composantes de vecteurs ou de tenseurs dans le système mobile, on a, par définition, $\psi_{\mu\nu} = q_\mu\delta_{\mu\nu}$. Si on fait de plus la substitution

$$q_\mu = \frac{q_0}{\sqrt{3}} + \sqrt{\frac{2}{3}}\,\beta\cos\left(\gamma + \frac{2\pi}{3}\mu\right)$$

on obtient dans le système d'axes mobiles un hamiltonien d'interaction qui comporte deux termes :

(5) $$H_{\rm int} = -\frac{1}{\sqrt{6}}\sum_a r_a^2 K(r_a)\beta\left[(3n_{a3}^2 - 1)\cos\gamma + \sqrt{3}(n_{a2}^2 - n_{a1}^2)\sin\gamma\right],$$

(5′) $$T_{\rm rot} = \sum_\nu \frac{(I_\nu - J_\nu)^2}{\mathcal{J}_\nu},$$

où n_a est un vecteur unité dans la direction r_a et

$$\mathcal{J}_\nu^{-1} = \frac{\hbar^2}{8B\beta^2}\sin^2\left(\gamma - \frac{2\pi}{3}\nu\right).$$

4. Lorsque le couplage est fort (β grand), on a $H_{\rm int} \gg T_{\rm rot}$. On ne peut alors attribuer aux nucléons des nombres quantiques individuels bien définis, valeurs propres d'opérateurs de moment angulaire j_a^2 et j_{a3}. On a par

exemple $[j_{a3}, \mathrm{H}_{\mathrm{int}}] \sim \mathrm{K}(r_a)\beta \sin\gamma\, n_{1a} n_{2a}$ qui peut être nul dans le cas d'un cœur à symétrie axiale ($\gamma = 0$); mais alors $[\vec{j}_a^{\,2}, \mathrm{H}_{\mathrm{int}}] \sim \mathrm{K}(r_a)\beta(2n_{a3}^2 + n_{1a}^2 - n_{2a}^2)$ est différent de zéro.

Cette difficulté peut être levée en utilisant une méthode de résolution de (4) qui n'utilise pas le fait que les nucléons aient des orbitales bien définies.

SEMI-CONDUCTEURS. — *Variation de la tension de perçage d'un transistor en fonction de la température*. Note (*) de M. **Olivier Garreta**, présentée par M. Louis de Broglie.

On sait que si l'on applique une différence de potentiel croissante entre l'émetteur et le collecteur d'un transistor, il apparaît pour une certaine différence de potentiel critique, appelée différence de potentiel de perçage, un courant entre l'émetteur et le collecteur qui croît très rapidement (d'abord exponentiellement puis suivant une loi analogue à la loi de Child des diodes).

Nous avons étudié théoriquement et expérimentalement la variation de cette tension en fonction de la température (de 14 à 300°K). La théorie en est faite en approfondissant des calculs de Shockley et Prim [1] et Dacey [2] relatifs au calcul du courant pour des différences de potentiel supérieures à la différence de potentiel de perçage. Nous considérons le cás d'un transistor *p-n-p*.

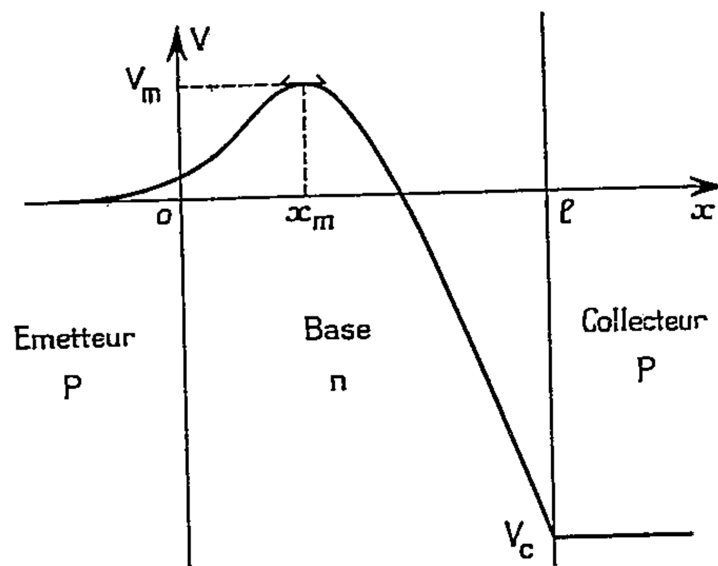


Fig. 1.

La répartition du potentiel à l'allure représentée sur la figure 1. Elle se compose essentiellement de deux parties :

1° une partie parabolique de x_m à l d'équation

$$\mathrm{V} - \mathrm{V}_m = -\frac{2\pi q}{\varepsilon_0 \chi} \mathrm{N}_0 (x - x_m)^2;$$

(*) Séance du 26 septembre 1955.

(1) *Phys. Rev.*, 90, 1953, p. 753.

(2) *Phys. Rev.*, 90, 1953, p. 759.

2° une région de zéro à x_m où le potentiel est régi par l'équation différentielle (déduite de l'équation de Poisson) :

$$\left(\frac{d\frac{qV}{kT}}{dx}\right)^2 = \frac{8\pi q^2}{\varepsilon_0 \chi k T}\left\{ P_0\left[\exp\left(-\frac{qV}{kT}\right) - \exp\left(-\frac{qV_m}{kT}\right)\right] - N_0 \frac{q}{kT}(V - V_m)\right\};$$

où

k, constante de Boltzmann;
T, température absolue;
q, charge de l'électron;
$\varepsilon_0\chi$, constante diélectrique du SC;
P_0, nombre d'impuretés par centimètre cube dans la région p;
N_0, nombre d'impuretés par centimètre cube dans la région n.

En introduisant la variable sans dimensions $z = qV/kT$ et en intégrant numériquement on peut tracer la fonction $\varphi(z_m)$ reliant x_m à z_m :

$$x_m = \sqrt{T}\,\varphi(z_m).$$

Cette fonction est représentée sur la figure 2 pour deux couples de valeurs de P_0N_0 (en unités u. é. s. C. G. S.).

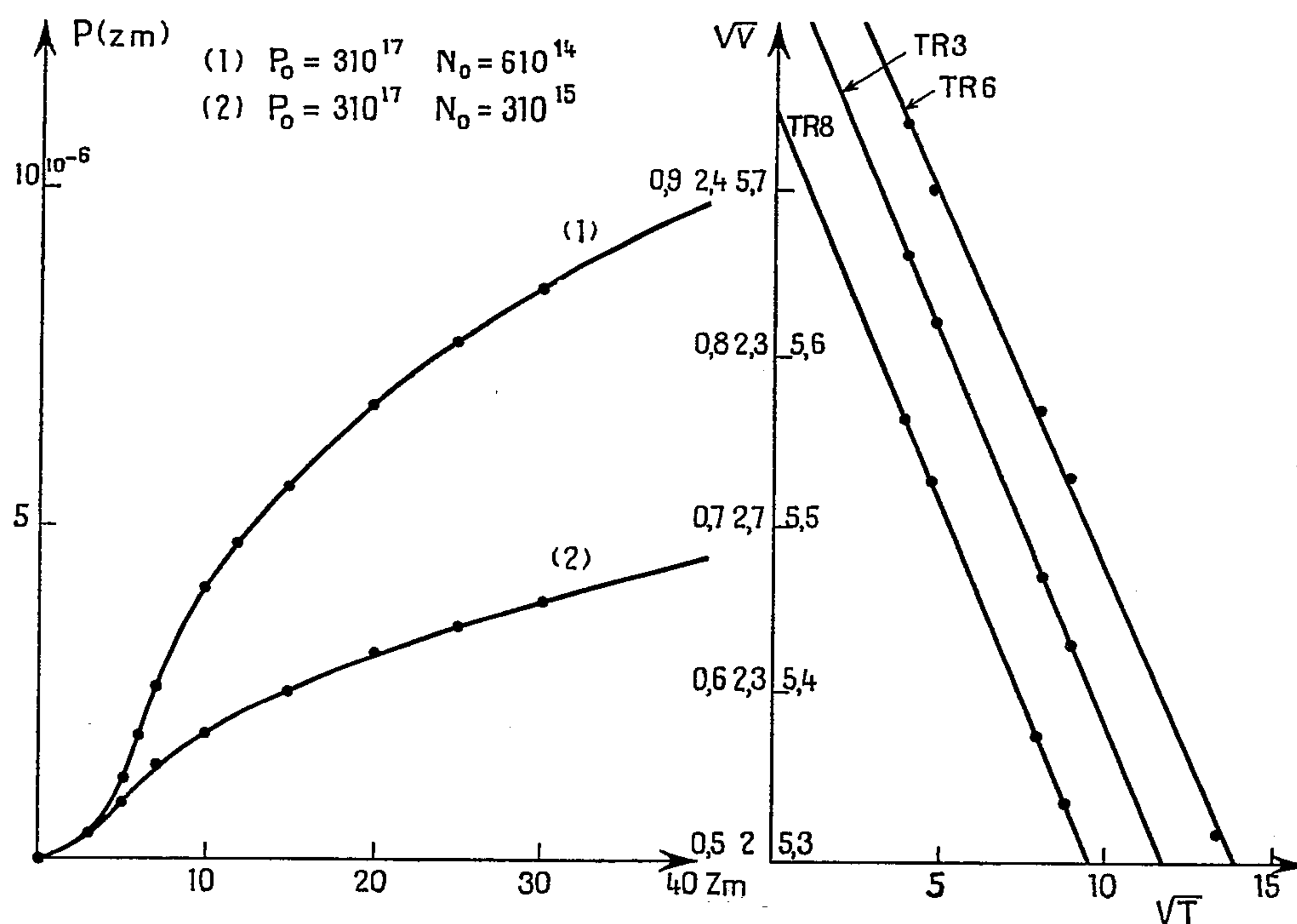


Fig. 2. Fig. 3.

Le courant i passant de l'émetteur au collecteur est proportionnel à $\bar{v}\exp(-z_m)$ $\bar{v}$ désigne la vitesse moyenne d'agitation thermique et par suite

est proportionnelle à $T^{1/2}$. Pour comparer les différences de potentiel de perçage à différentes températures il faut donc considérer les différences de potentiel correspondant à des courants proportionnels à $T^{1/2}$, donc à une même valeur de z_m. Dans ces conditions les différences de potentiel de perçage suivent la relation

$$V_T^{\frac{1}{2}} = \left(\frac{2\pi q N_0}{\varepsilon_0 \chi}\right)^{\frac{1}{2}} (l - x_m) = V_0^{\frac{1}{2}} - \left(\frac{2\pi q N_0}{\varepsilon_0 \chi}\right)^{\frac{1}{2}} \varphi(z_m) T^{\frac{1}{2}},$$

où V_T désigne la différence de potentiel de perçage à la température T et V_0 celle au zéro absolu.

Nous avons vérifié expérimentalement cette loi sur des transistors au germanium type *p-n-p*. Les courbes obtenues (*fig.* 3) pour trois transistors correspondant à des différences de potentiel de perçage de l'ordre de 0,5, 4 et 29 V respectivement. Pour ces spécimens $P_0 = 3.10^{17}$, $N_0 = 6.10^{14}$ et le courant de référence vaut 10^{-9} A à 14° K, ce qui correspond à $z_m = 28$.

On constate que la linéarité est très bien vérifiée ainsi que le parallélisme. Le coefficient $\varphi(z_m)$ déduit de la pente de ces droites vaut $8,1.10^{-6}$ en u. é. s. C. G. S. Le coefficient théorique déduit des courbes (*fig.* 2) $8,2.10^{-6}$. L'accord est donc excellent.

Enfin l'extrapolation de ces droites vers $T = 0$ permet de mesurer d'une manière exacte l'épaisseur l de la base d'un transistor. Pour les trois transistors précédents cette épaisseur vaut respectivement 1,4, 4 et 9 μ.

SEMI-CONDUCTEURS. — *Limite d'absorption optique et masse efficace des électrons dans l'antimoniure d'indium* (In Sb). Note (*) de MM. **Pierre Aigrain** et **Jacques des Cloizeaux**, transmise par M. Louis de Broglie.

Différents expérimentateurs [1], [2] ont observé une variation de la limite d'absorption optique aux grandes longueurs d'onde dans les lames minces de In Sb de type *n*. Pour des spécimens de plus en plus impurs, la limite d'absorption se déplace vers les courtes longueurs d'onde. Ainsi plus le spécimen est impur, plus il est transparent. La limite varie de 7,2 μ pour In Sb intrinsèque, à 2,2 μ pour une concentration en impuretés de 10^{19} cm^{-3}.

Burstein a expliqué ce phénomène [3] en admettant que la masse efficace des électrons dans la bande de conduction est faible et que le remplissage du bas de la bande de conduction par les électrons dus aux impuretés élève le niveau de Fermi. La limite d'absorption est alors donnée par la différence d'énergie

(*) Séance du 26 septembre 1955.

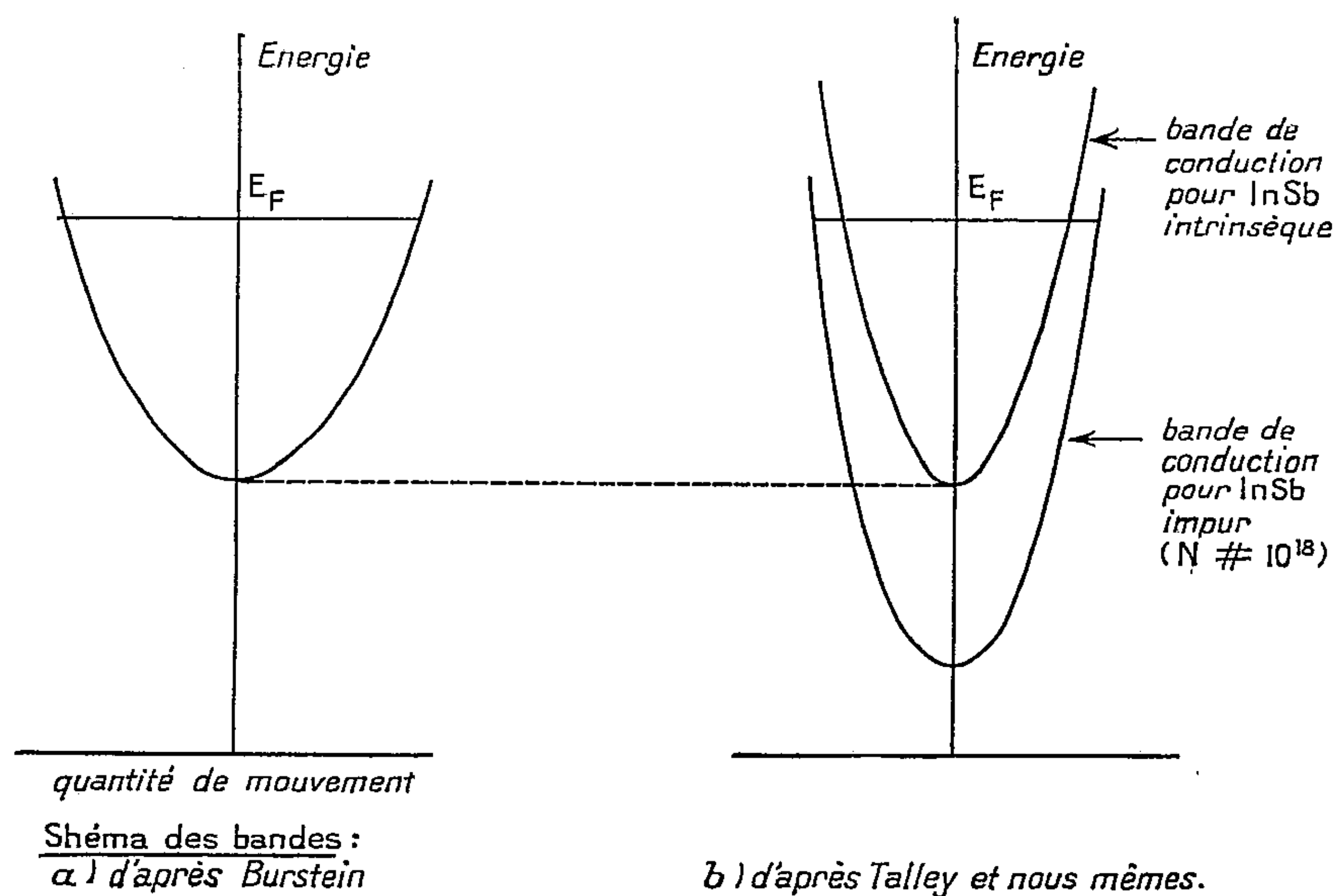
(1) M. Tanenbaum et H. B. Briggs, *Phys. Rev.*, 91, 1953, p. 1561.

(2) H. J. Hrostowski, G. H. Wheatley et W. F. Flood, *Phys. Rev.*, 95, 1954, p. 1683.

(3) E. Burstein, *Phys. Rev.*, 93, 1954, p. 632.

entre le haut de la bande de valence et le niveau de Fermi dans la bande de conduction. La variation du niveau de Fermi permet d'évaluer la « masse efficace optique » ($m_{opt} = 0{,}03\, m_0$ d'après Burstein avec $m_0 =$ masse de l'électron). Or des mesures plus récentes de résonance cyclotron ([4]) ont conduit à admettre pour masse efficace $m = 0{,}013\, m_0$ bien inférieure à la masse optique. Au Congrès de Baldock, Talley ([5]) a expliqué cette anomalie : les atomes d'impuretés créent près du bas de la bande de conduction, une bande d'impuretés. Or, la constante diélectrique de In Sb est forte ($k = 20$), les densités en impuretés pour lesquelles on observe le phénomène sont élevées (10^{18}) et l'effet d'écran est faible, la bande d'impuretés est donc étalée et se confond avec la bande de conduction.

Talley ([5]) a calculé cet effet en utilisant la méthode de Wigner et Seitz, pour une répartition uniforme des centres et trouvé une valeur de la masse efficace en accord avec la valeur obtenue par résonance cyclotron (*figure*).



Shéma des bandes : a) d'après Burstein b) d'après Talley et nous mêmes.

Le potentiel aléatoire créé par les impuretés étant peu localisé, un calcul de perturbation en vue d'évaluer la modification de la bande de conduction peut conduire à de bons résultats. En prenant des fonctions de base de la forme $\Phi = e^{iur}$ nous avons calculé jusqu'au second ordre, l'effet du potentiel

$$U = -(\varepsilon^2 k^{-1}) \sum_j e^{-a(r-r_j)} |\vec{r} - \vec{r}_j|^{-1}$$

([4]) Dresselhaus, Kip, Kittel et Wagoner, *Phys. Rev.*, 98, 1955, p. 556.

([5]) *Journal of Electronics.* (Article à paraître.)

(ε, charge de l'électron; a, effet d'écran; l'indice j est relatif au $j^{\text{ième}}$ centre d'impureté).

Nous obtenons alors

$$\text{(I)}\quad \begin{cases} E = E_0 + E_1 + E_2; \quad E_0 = \hbar^2 (2m)^{-1} u^2; \\ E_1 = -4\pi N \varepsilon^2 K^{-1} a^{-2}; \quad E_2 = -4\pi N \varepsilon^4 K^{-2} \hbar^{-2} [a(a^2 + 4u^2)]^{-1}. \end{cases}$$

Le coefficient d'écran est donné en fonction de la densité de niveaux $n(E_F)$ au voisinage du niveau de Fermi, par la formule :

$$\text{(II)}\quad a^2 = 4\pi\varepsilon^2 K^{-1} n(E_F), \qquad \text{avec} \quad n(E_F) = \frac{dN}{dE_F}.$$

D'autre part le niveau de Fermi sera déterminé par la condition

$$\text{(III)}\quad u_F = (3\pi^2 N)^{\frac{1}{3}}.$$

Pour InSb :

$$K = 20, \qquad m = 0{,}013\, m_0.$$

Pour $N \# 10^{18}$, on trouve

$$a^2 = 4\varepsilon^2 K^{-1} \hbar^2 m \pi^{-\frac{1}{3}} (3N)^{\frac{1}{3}}, \quad \text{à } 10^{-3} \text{ près};$$

d'où les valeurs

$$2m\hbar^{-2} E_0 = \quad (9{,}57) N^{\frac{2}{3}}$$

$$u_F = (3{,}094) N^{\frac{1}{3}}$$

$$2m\hbar^{-2} E_1 = -(6{,}38) N^{\frac{2}{3}}$$

$$a = (695{,}7) N^{\frac{1}{6}}$$

$$2m\hbar^{-2} E_2 = -(4{,}54 \cdot 10^6) N^{-\frac{1}{6}} \left[1 + (1{,}264 \cdot 10^4) N^{-\frac{1}{3}}\right]^{-1};$$

pour $N = 10^{18}$,

$$2m\hbar^{-2} E_F \# 3{,}19 \cdot 10^{12}, \qquad \text{avec} \quad E_2 = -4{,}5 \cdot 10^9.$$

Nous voyons que le terme E_2 est négligeable.

L'effet important est un effet du premier ordre qui donc ne dépend pas de la répartition des centres mais seulement de leur densité. D'autre part le coefficient d'écran pour $N = 10^{18}$ vaut $a = 6{,}9 \cdot 10^5$ ce qui correspond à un rayon d'action d'environ 10^{-6} c'est-à-dire $N^{-1/3}$ ou environ le rayon qu'on obtient en ne tenant compte que du potentiel du centre le plus proche comme dans la méthode de Wigner et Seitz. Ces remarques expliquent le succès de la méthode de Talley.

Pour $N = 8 \cdot 10^{18}$ notre calcul donne $E_F = 0{,}37$ eV (0,32 expérimental) (²).

Pour $N = 10^{18}$ notre calcul donne $E_F = 0{,}093$ eV (0,09 expérimental) (²).

L'accord est bon, et le petit écart observé peut être dû à la variation de la masse efficace m entre la température de l'hélium liquide (résonance cyclotron) et la température ordinaire (expériences d'absorption).

La nouvelle masse efficace m^{+} déduite du calcul de perturbation sera fonction de N et de E.

Pour $N = 10^{18}$ et $E = E_F$: $m^{+} = m(1 + 1,4 \cdot 10^{-3})$ la variation de la masse efficace est donc négligeable. La « masse optique » telle qu'elle a été définie par la méthode de Burstein est calculable à partir des formules (I) en négligeant le terme du deuxième ordre :

$$2\, m_{\text{opt}} \hbar^{-2} E = u_F^2 = (3\pi^2 N)^{\frac{2}{3}},$$
$$2\, m \hbar^{-2} E = u_F^2 - 8\pi N \varepsilon^2 K^{-1} \hbar^{-2} a^{-2} = (3\pi^2 N)^{\frac{2}{3}} - 2(\pi^2 N)^{\frac{2}{3}} 3^{-\frac{1}{3}}.$$

D'où $m_{\text{opt}} = 3$ m.

Remarquons que cette relation ne fait pas intervenir les constantes de l'antimoniure d'indium; elle est tout à fait générale.

SUPRACONDUCTIBILITÉ. — *Influence des déformations élastiques sur la supraconductibilité.* II. *Cas du mercure.* Note de M. **Claude Grenier**, présentée par M. Jean Cabannes.

Les résultats préliminaires montrent que les déformations élastiques modifient les propriétés supraconductrices du mercure. Ces modifications ne sont pas seulement liées au changement de l'état vibrationnel du réseau, comme dans le cas de l'étain, mais aussi à un changement de l'état électronique.

Les déformations élastiques de l'étain ne modifient que faiblement l'état électronique du métal; elles ont, par contre, une grande influence sur l'état vibrationnel du réseau ([1]). Une analogie entre l'anisotropie de l'effet piézosupraconducteur et l'anisotropie cristalline de l'étain avait été suggérée alors. Il était intéressant de faire l'étude d'un corps présentant une anisotropie cristalline différente.

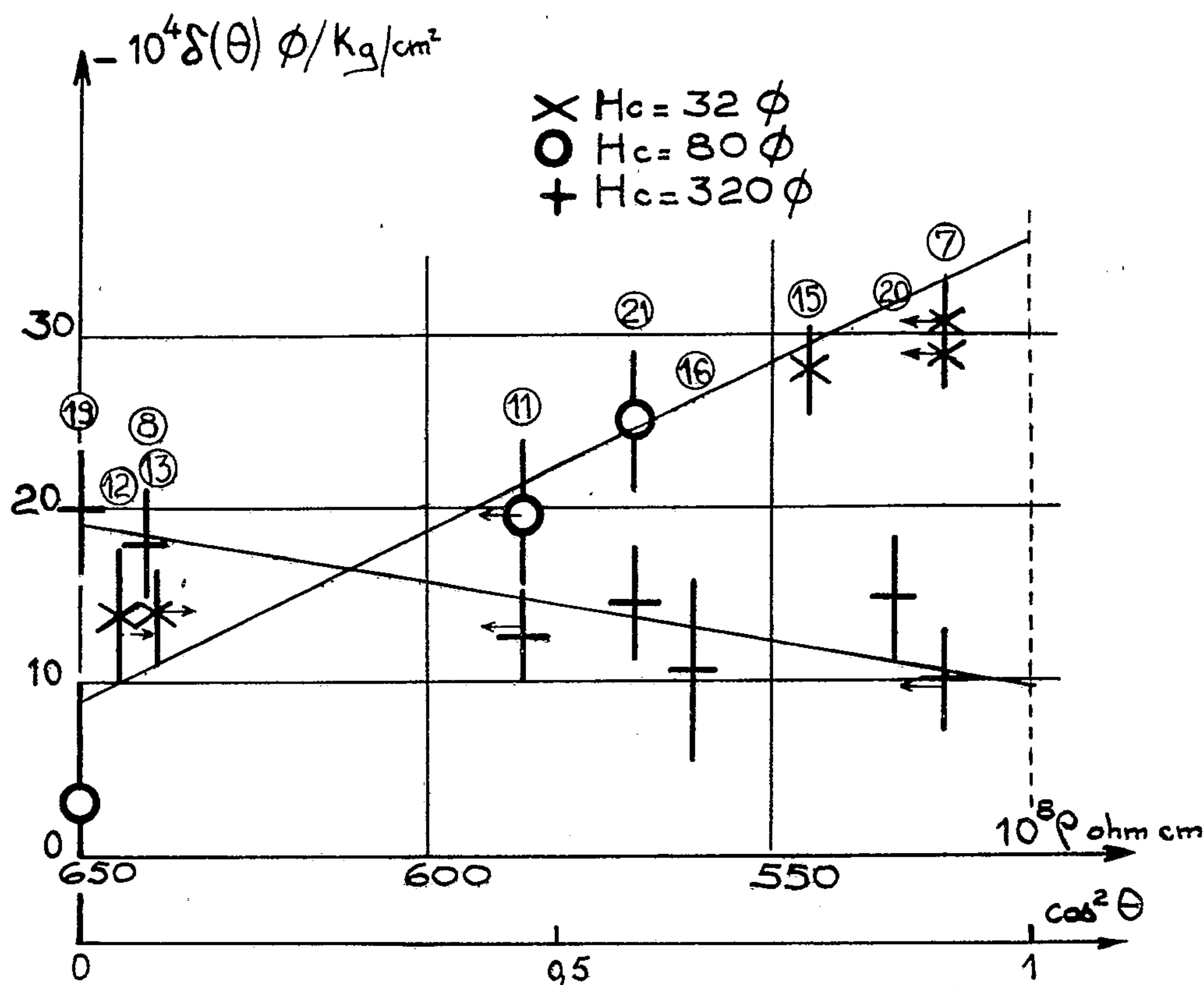
Comme dans le cas de l'étain, les monocristaux de mercure utilisés sont de forme cylindrique de 6 mm de diamètre, et les efforts et le champ magnétique sont parallèles à l'axe du cylindre. Cependant la méthode expérimentale ([2]) a dû être modifiée. La bobine reliée au galvanomètre balistique est maintenue fixe autour du cristal; l'accroissement brusque du champ magnétique de la valeur H_i à la valeur H_n fait passer le mercure de l'état intermédiaire i à l'état normal n. La déviation obtenue sur le balistique caractérise l'état intermédiaire initial qui est fonction de l'effort p appliqué. Cette méthode est moins précise que celle de la bobine mobile utilisée pour le cas de l'étain. D'autre part, les efforts appliqués sont plus faibles, ± 21 kg/cm² au lieu de ± 36 kg/cm² pour l'étain. Enfin des phénomènes de retard à la supraconductibilité plus impor-

([1]) C. Grenier, *Comptes rendus*, 240, 1955, p. 2302.

([2]) C. Grenier, R. Spöndlin et C. F. Squire, *Physica*, 19, 1953, p. 833.

tants introduisent une incertitude plus grande sur les résultats expérimentaux. Certains cristaux ont été écrouis au montage [7], [12], [13], voire même, très écrouis [11]. Dans ce cas une petite flèche montre dans quel sens doivent être déplacés les points expérimentaux pour tenir compte de l'écrouissage.

Une estimation de l'orientation a été obtenue par une extrapolation, en mesurant la résistivité ρ des cristaux dans la direction de l'axe du cylindre [3], [4] à $T = 78^\circ$ K. $\rho = \rho_{\parallel} \cos^2\theta + \rho_{\perp} \sin^2\theta$ (θ, angle entre l'axe ternaire et l'axe du cylindre); avec $\rho_{\perp} = 650.10^8\ \Omega.\text{cm}$, $\rho_{\parallel} = 510.10^8\ \Omega.\text{cm}$.



Résultats. — Les valeurs de $(\Delta H_c/p)_T = \delta(\theta, H_c)$ sont données sur la figure en fonction de ρ (et en fonction de $\cos^2\theta$). A $T = 2,10^\circ$ K ($H_c = 312$ Ø), la précision est moins grande que pour les champs faibles. Il est possible néanmoins, d'interpréter les résultats par des lois linéaires en $\cos^2\theta$ [1]

$$\delta(\theta, 312\ Ø) \approx (-19 + 9\cos^2\theta)\,10^{-4}\,Ø/\text{kg/cm}^2,$$

$$\delta(\theta, 32\ Ø) \approx \delta(\theta, 80\ Ø) \approx (-9 - 25\cos^2\theta)\,10^{-4}\,Ø/\text{kg/cm}^2.$$

(3) E. GRUNEISEN et O. SCKELL, *Ann. Phys.*, 19, 1934, p. 387.

(4) F. SEITZ, *Théorie Moderne des Solides*, Masson, Paris, 1949, p. 11.

De telles relations supposent que l'effet est indépendant de l'angle azimuthal φ comme c'est le cas de l'étain.

La courbe de champ critique du mercure est une parabole $H_c = H_0[(1-T^2)/T_c^2]$ (H_0, champ critique à 0° K; T_c, température critique); on a $\beta = H_0^2/8\pi = \gamma T_c^2/4$ (β, énergie d'activation de l'état supraconducteur à l'état normal; γT, chaleur spécifique électronique). Les efforts mécaniques modifient cette parabole en une autre parabole et l'on peut écrire

$$\frac{\delta(\theta, H_c)}{H_0} = \frac{\Delta\beta}{\beta}\left(1 - \frac{h}{2}\right) - \frac{\Delta\gamma}{\gamma}(1-h), \qquad \text{avec } h = \frac{H_c}{H_0}.$$

On peut estimer $\Delta\beta/\beta$ et $\Delta\gamma/\gamma$ et l'on trouve

$$\frac{\Delta\beta}{\beta} \approx (-10 + 9\cos^2\theta)\,10^{-6} \quad \text{pour 1 kg/cm}^2,$$

$$\frac{\Delta\gamma}{\gamma} \approx (-8 + 16\cos^2\theta)\,10^{-6} \quad \text{pour 1 kg/cm}^2;$$

$\Delta\beta/\beta$ et $\Delta\gamma/\gamma$ sont du même ordre de grandeur, contrairement au cas de l'étain où $\Delta\gamma/\gamma$ était négligeable par rapport à $\Delta\beta/\beta$. Ceci montre que les facteurs électroniques sont fortement modifiés par les déformations dans le cas du mercure. On peut donc s'attendre à ce que le terme $\Delta\beta/\beta$ dépende, lui aussi, de l'état électronique et non pas uniquement de l'état vibrationnel du réseau. Il est assez difficile, vu le manque de précision de nos mesures et des données sur les constantes élastiques ([3]), d'exprimer ces résultats en fonction des déformations élémentaires principales e_{xx}, e_{yy}, e_{zz}.

A titre d'indication, cependant, on obtient en utilisant une notation analogue à celle proposée par Fiske,

(5)
$$\frac{\Delta\beta}{\beta} \approx 7{,}0\,(e_{xx} + e_{yy}) + 6{,}7\,e_{zz},$$

$$\frac{\Delta\gamma}{\gamma} \approx 3{,}0\,(e_{xx} + e_{yy}) - 0{,}7\,e_{zz}.$$

Ces résultats sont très différents de ceux obtenus dans le cas de l'étain. La conclusion reliant l'effet à une déformation des limites de zone de Brillouin ne s'applique plus dans le cas du mercure. Nous avons remarqué cependant que l'effet suivrait dans son ensemble la relation empirique signalée par Daunt pour les supraconducteurs mous ([6]). Une déformation homogène donnerait

$$\sum \frac{\partial\beta}{\partial e_{ii}} \approx 4 \sum \frac{\partial\gamma}{\partial e_{ii}} \qquad (i = x, y, z)$$

qui dans le cas du mercure déplacerait la supraconductibilité en accord avec la

([6]) J. G. DAUNT, *Electronic specific heats in metals*, p. 214; *Progress in low temperature Physics*, I, 1955. North Holland Publishing Compagny, Amsterdam.

relation empirique de Daunt : $\gamma/V = f(T_c)$. Cet accord n'apparaît pas dans nos résultats sur l'étain où il est très difficile de distinguer la participation relative entre β et γ. Cependant les résultats très précis en pression hydrostatique obtenus par M. D. Fiske ([5]) montrent un écart au principe de similitude qui serait en bon accord avec la relation empirique de Daunt.

SPECTROSCOPIE HERTZIENNE. — *Augmentation du taux d'orientation atomique de la vapeur de sodium en présence d'hydrogène.* Note (*) de MM. **Jean Brossel**, **Jean Margerie** et **Alfred Kastler**, présentée par M. Gustave Ribaud.

L'orientation atomique, obtenue par pompage optique, de la vapeur saturante de sodium à 120° C, a été étudiée au cours des dernières années, à l'aide des résonances magnétiques de l'état fondamental ([1]), (résonances basse fréquence à 1, 2, 3, ..., quanta).

Nous avions observé des taux d'orientation plus forts que ceux de la vapeur pure sur des cellules mal évacuées, contenant un gaz résiduel à basse pression. La Note ci-après présente une étude de ce phénomène, le gaz étranger choisi étant l'hydrogène.

Il est clair que si les collisions ne désorientent pas les atomes de sodium et si elles n'interfèrent pas avec le processus de pompage optique, elles obligent l'atome à effectuer des parcours (à passer des temps) beaucoup plus longs dans la lumière orientatrice. On peut donc espérer des taux d'orientation plus grands. Le montage utilisé est celui décrit par Barrat et al. ([1]). Sur une tubulure latérale, scellée à la cellule, étaient soudés un osmorégulateur au Pd et une jauge étalonnée (à filament chaud, à thermocouple). L'ensemble fut évacué et scellé après cuisson à 400° C, le sodium ayant été distillé dans le queusot après six distillations successives. On pouvait ainsi remplir l'ampoule à la pression choisie, avec de l'hydrogène pur, sans impuretés paramagnétiques. L'intensité lumineuse orientatrice et le niveau de radiofréquence induisant les transitions étaient maintenus constants.

Lorsque la pression d'hydrogène augmente, le signal de résonance optique diminue (« quenching », dû aux collisions de deuxième espèce).

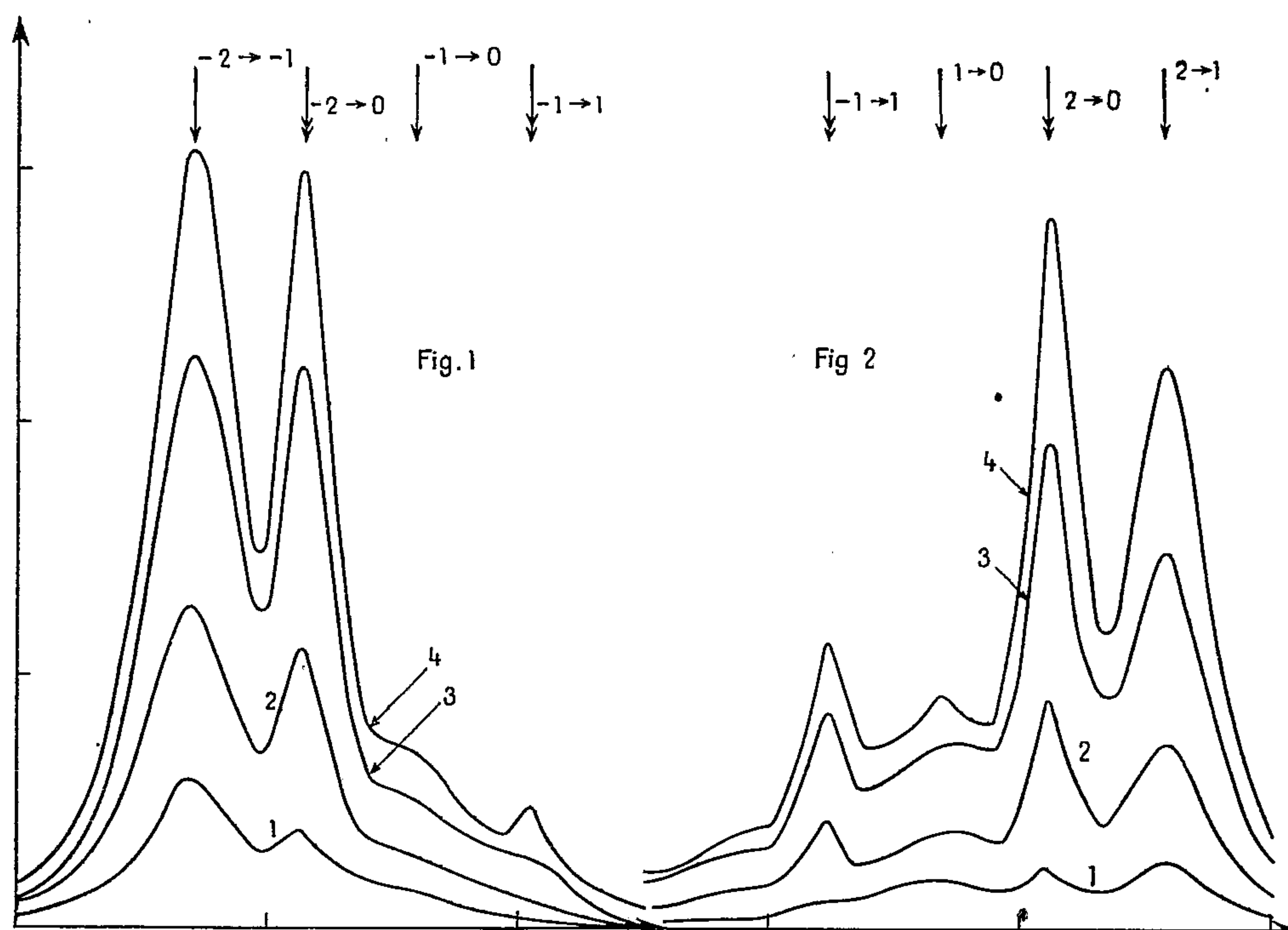
Si l'on ramène l'intensité des résonances magnétiques à un signal de résonance optique constant, on constate que cette intensité *croît très vite* pour des pressions $0 < p < 0,2$ mm, passe par un maximum très plat, $0,3 < p < 0,5$ mm et décroît très lentement ensuite. Les figures 1 et 2 montrent l'effet précédent;

([5]) M. D. Fiske, Communication privée. *IXe Congrès Int. du Froid*, Paris (septembre 1955).

(*) Séance du 26 septembre 1955.

([1]) J. P. Barrat, J. Brossel et A. Kastler, *Comptes rendus*, 239, 1954, p. 1196.

en ordonnées, l'intensité des résonances, en abscisses, le champ magnétique. Les courbes 1, 2, 3, 4 correspondent à des pressions d'hydrogène de 0, 0,085, 0,154 et 0,385 mm Hg. Les figures 1 et 2 sont les signaux de résonance magnétique observés respectivement en lumière excitatrice circulaire gauche σ^- et droite σ^+. A l'optimum, avec les conditions utilisées, on trouve les facteurs d'augmentation suivants pour les diverses résonances : en σ^-, $(-2 \rightarrow -1)$, 6; $(-2 \rightarrow 0)$, 10; en σ^+, $(1 \rightarrow 2)$, 9; $(-1 \rightarrow +1)$, 12; $(0 \rightarrow 2)$, 15.



La figure 3 résume les résultats aux diverses pressions (en mm Hg) pour les résonances $(-2 \rightarrow -1)$ et $(-2 \rightarrow 0)$. *L'intensité relative* des diverses résonances varie donc beaucoup; cela montre qu'à l'optimum la proportion d'atomes ayant absorbé au moins deux photons avant détection est considérable.

Les résonances partant des niveaux où s'accumulent les atomes $(+2$, en excitation $\sigma^+)$ ont une intensité qui croît plus vite que les autres : $(2 \rightarrow 0)$ croît plus vite que $(1 \rightarrow -1)$, etc. Cela n'est pas surprenant, dans la limite d'une orientation totale, ce seraient les seules observables.

Les résultats précédents montrent que pour $p > 0,2$ mm, un phénomène intervient pour neutraliser le gain procuré par le processus décrit au début de la présente Note. Tout effet produisant une désorientation après un nombre déterminé de collisions (si une collision sur 10 par exemple est en moyenne désorientante) conduira à une courbe du type de la figure 3. On peut invoquer à ce sujet les perturbations affectant l'état fondamental ou l'état excité de

l'atome de sodium ; sont connus entre autres les transferts $P_{1/2} \rightleftharpoons P_{3/2}$, la dépolarisation de la raie de résonance optique, et le « quenching » (notable à 0,4 mm). Nous ne pouvons encore dire lequel de ces effets est ici déterminant.

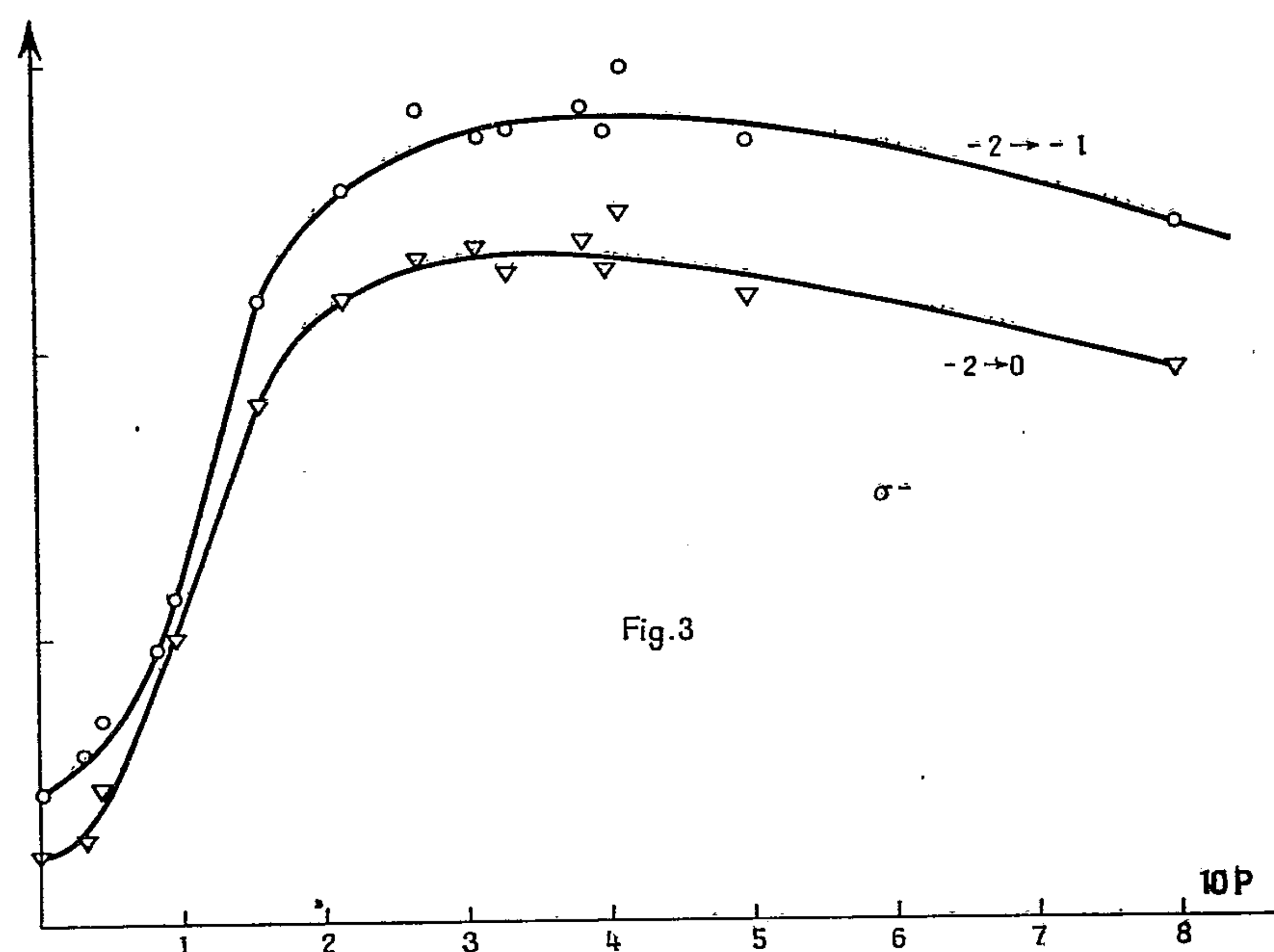


Fig. 3

A l'opposé de l'orientation, l'alignement augmente à peine lorsque la pression d'hydrogène croît, cela tient à ce que dans ce cas les populations limites obtenues changent peu si l'atome absorbe en moyenne plus d'un photon ([2]).

OPTIQUE. — *Une propriété simple des couches minces diélectriques multiples.* Note de M. **Pierre Giacomo**, présentée par M. Jean Cabannes.

Par suppression successive des couches $\lambda/2$, les systèmes de couches, égales ou non, d'épaisseur $p\lambda/4$, peuvent se réduire à des systèmes plus simples, dont la transmission se calcule aisément, pour la longueur d'onde λ.

De nombreux types de filtres interférentiels sont constitués d'empilements de couches dont l'épaisseur optique est un multiple de $\lambda/4$ pour une certaine longueur d'onde λ. C'est le cas de l'interféromètre de Fabry-Perot à couches multiples diélectriques, pour la longueur d'onde transmise dans l'anneau central, et des filtres interférentiels multi-diélectriques, simples ou multiples,

([2]) J. Margerie, J. Brossel et A. Kastler, *Comptes rendus*, 241, 1955, p. 474; W. B. Hawkins, *Phys. Rev.*, 98, 1955, p. 478.

pour leur longueur d'onde de transmission maxima. La courbe de transmission de tels filtres se caractérise essentiellement par sa largeur à mi-hauteur et par la valeur maxima de la transmission. On peut prévoir simplement cette dernière caractéristique, dans la mesure où l'absorption est négligeable.

On utilise pour cela la propriété suivante, démontrée par différents auteurs [1] : une couche mince homogène et transparente n'a aucun effet sur l'onde qui la traverse si son épaisseur optique est un multiple entier de $\lambda/2$. La transmission d'un système quelconque de couches reste donc la même, pour une longueur d'onde donnée, si l'on en retire une ou plusieurs couches $\lambda/2$. Si dans le système restant, deux couches $\lambda/4$ de même indice se trouvent contiguës, on pourra les supprimer et ainsi de suite.

Si nous nous limitons aux systèmes de couches $p\lambda/4$, égales ou non, de deux substances, haut-indice (H) et bas-indice (B), sulfure de zinc et cryolithe par exemple, pouvant comporter en outre des couches $q\lambda/2$ d'autres substances, air par exemple, *l'ensemble aura toujours pour la longueur d'onde* λ, *une transmission égale à celle d'un empilement de couches* $\lambda/4$ *alternées*, haut-indice, bas-indice.

On sait qu'un tel empilement donne un pouvoir réflecteur d'autant plus élevé, donc une transmission d'autant plus faible que le nombre de couches est plus élevé.

Deux cas sont particulièrement intéressants :

1° Le système se réduit à zéro couche : il aura même transmission maxima que le verre support.

2° Le système se réduit à une couche de bas-indice : celle-ci joue le rôle d'antireflet et l'on obtiendra une transmission maxima encore plus voisine de 100 % [2].

Dans tous les autres cas, la transmission sera plus faible.

Cette méthode permet de prévoir quels seront les types de filtres multiples susceptibles de donner une transmission élevée ; par exemple : un filtre verre-HBH-2B-HBH-2B-HBH est équivalent à verre-HBH, pour lequel le calcul donne $R = 70\ \%$, $T = 30\ \%$, tandis que le filtre : verre-HB-2H-BH-2B-HB-2H-BH se réduit au verre nu : il aura une transmission élevée ; de même pour le système : verre-HBH-2B-HBHBHBH-2B-HBH, qui se réduit à verre-B [3].

On peut aussi traiter de cette façon quelques problèmes particuliers.

---

(1) *Voir* par exemple, F. Abelès, *Thèse*, Paris, 1950 ; P. J. Leurgans, *J. Opt. Soc. Amer.*, 41, 1951, p. 714.

(2) Le rôle antireflet de cette couche a déjà été signalé par D. Lagarde et R. Dupeyrat, *Comptes rendus*, 240, 1955, p. 1980.

(3) Le procédé permet donc le choix, indirectement, du pouvoir réflecteur optimum à donner au miroir central d'un filtre double, comme l'a signalé O. S. Heavens, *Symposium on Astronomical Optics*, Manchester (avril 1955), à paraître.

On se propose, par exemple, d'utiliser un interféromètre de Fabry-Perot à couches multiples diélectriques. Deux miroirs verre-HBHBH donnent une « *finesse* » (⁴) insuffisante, deux miroirs verre-HBHBHBH donnent une *finesse* trop élevée (⁵). Si l'on veut réaliser une *finesse* intermédiaire en mettant en regard un miroir à cinq couches et un miroir à sept couches, il en résulte une perte de transmission (sous forme de lumière réfléchie par l'ensemble) calculable très simplement : le Fabry-Perot est équivalent, pour un maximum de transmission, à verre-HBHBH-$p\lambda/2$-HBHBHBH-verre, qui se réduit à verre-BH-verre, dont le pouvoir réflecteur est aisément calculable et égal à 25 % ; on doit donc s'attendre à une transmission maxima de 75 % au lieu de 100 % que donnerait l'étalon symétrique, l'absorption étant supposée nulle.

Certains de ces exemples ont été traités par d'autres auteurs, mais avec des moyens beaucoup plus puissants (²), (⁶). Les résultats que notre méthode fournit très simplement permettent d'éviter des tâtonnements, de contrôler, par recoupement, les résultats des autres méthodes, et même, éventuellement, de faire apparaître des propriétés qu'un calcul plus complexe laisserait dans l'ombre.

LUMINESCENCE. — *Renforcement de l'électroluminescence de certains cristaux par pivotement dans le champ*. Note de M. **Georges Destriau**, présentée par M. Jean Cabannes.

L'auteur montre que, même en champ alternatif, l'électroluminescence de certains échantillons peut être très notablement renforcée lorsque les cristaux pivotent dans le champ. L'auteur suggère que ce phénomène pourrait interpréter, au moins en partie, le vieillissement, cependant faible, des condensateurs électroluminescents.

L'électroluminescence des micro-cristaux enrobés dans le diélectrique d'un condensateur, c'est-à-dire sans contact avec les électrodes, ne s'observe de manière permanente qu'en champ alternatif. En champ constant on n'observe qu'un seul éclair lumineux fugace au moment de l'application du champ ou au moment de sa suppression. Toutefois Joseph Mattler et moi-même (¹) nous avions observé que, même en champ constant, les cristaux pouvaient s'illuminer d'une manière permanente à condition de les faire continuellement pivoter de façon à ce que, par rapport aux axes cristallographiques des micro-cristaux, la direction du champ soit continuellement variable.

Jusqu'ici, le pivotement des cristaux dans un champ alternatif n'avait

---

(⁴) P. Jacquinot et Ch. Dufour, *J. Phys. Rad.*, **11**, 1950, p. 427.

(⁵) R. Chabbal, *J. Rech. C. N. R. S.*, septembre 1953, p. 138.

(⁶) D. Lagarde et R. Dupeyrat, *Comptes rendus*, **240**, 1955, p. 2062.

(¹) *Comptes rendus*, **223**, 1946, p. 894.

donné lieu à aucune observation spéciale. Il m'a été donné de trouver récemment un échantillon électroluminescent d'oxyde de zinc activé au cuivre s'illuminant déjà convenablement au repos dans un champ alternatif mais dont l'électroluminescence est considérablement renforcée lorsque les micro-cristaux pivotent dans le champ. Il ne s'agit pas d'une triboluminescence car en l'absence de champ électrique le pivotement des cristaux, placés dans une huile isolante, ne produit aucune illumination.

Par ailleurs, la forme de l'onde de luminance n'est pas affectée par la rotation, seule l'amplitude est modifiée et les mêmes accidents se retrouvent dans l'onde de luminance en rotation mais amplifiés, dans le même rapport d'homothétie, par rapport aux accidents correspondants de l'onde de luminance excitée au repos.

Il est actuellement admis que les états de surface des micro-cristaux ont une grande importance dans le mécanisme de l'électroluminescence, soit par la présence de niveaux donneurs d'électrons, soit par la formation d'une barrière de potentiel près de la surface, soit par ces deux causes simultanément. L'influence possible du diélectrique enrobant les cristaux n'a été considérée jusqu'ici que du point de vue pratique, soit par sa constante diélectrique élevée propre à fournir un champ intense à l'intérieur des cristaux, soit par sa dureté s'opposant à l'orientation des dipoles induits par le champ, orientation progressive à laquelle serait attribuée la chute initiale de luminance des condensateurs électroluminescents ([2]).

J'ai pu remarquer cependant que, malgré des constantes diélectriques identiques, certains isolants se prêtent mieux que d'autres à l'obtention de condensateurs électroluminescents particulièrement lumineux. Les mesures ne sont toutefois guère possibles en regard de la faible épaisseur de ces condensateurs et de la difficulté à reproduire des couches si minces absolument identiques avec des isolants différents; les moindres différences d'épaisseur se traduisant, à différences de potentiel égales, par des variations du champ agissant dont l'action sur l'émission d'électroluminescence est autrement importante.

Les expériences rapportées ci-dessus semblent mettre en relief un rôle de l'isolant non envisagé jusqu'ici. Le vieillissement pourrait être, en partie, le résultat d'une modification de l'état d'intersurface isolant-cristal, modification dont la formation se trouverait gênée par le déplacement permanent des cristaux dans l'isolant. Cette modification de l'intersurface, particulièrement rapide pour l'échantillon envisagé, devrait s'observer à la longue avec les autres produits.

([2]) J. F. Waymouth, C. W. Jérome, and W, G. Gungle, *The Sylvania technologist*, 5, n° 3, 1952, p. 54.

PHYSIQUE MOLÉCULAIRE. — *Sur les vibrations fondamentales de l'hydrogène sulfuré.* Note de M. **Itaru Gamo**, présentée par M. Jean Cabannes.

Calcul des vibrations normales de l'hydrogène sulfuré à l'aide des fonctions potentielles les plus générales, compte tenu de l'anharmonicité.

I. Partant des valeurs observées des fréquences fondamentales ν_1, ν_2 et ν_3 de H_2S [1] et $\nu_1^{(i)}$ de D_2S [2], nous avons calculé les fréquences normales $\omega_1^{(i)}$, $\omega_2^{(i)}$ et $\omega_3^{(i)}$ de D_2S.

[Les fréquences de D_2S sont marquées d'un $^{(i)}$.]

Les fréquences normales pour H_2S sont déjà déterminées par Allen, Cross et King [1] au moyen de la méthode quantique de Dennison [3]. Pour calculer les constantes de force, il faut déterminer aussi celles de D_2S. Dans les notations de Herzberg [4], on a la relation suivante entre la fréquence fondamentale et la fréquence normale correspondante

$$\nu_1^{(i)} = \omega_1^{(i)} + 2x_{11}^{(i)} + \frac{1}{2}x_{12}^{(i)} + \frac{1}{2}x_{13}^{(i)}; \tag{1}$$

de plus on a

$$x_{ik}^{(i)} = \frac{\omega_i^{(i)}\omega_k^{(i)}}{\omega_i\omega_k}x_{ik}, \tag{2}$$

où les x_{ik} sont les constantes anharmoniques (qui correspondent aux $\omega_e x_e$ des molécules diatomiques).

A partir de (2), on obtient

$$x_{11}^{(i)} = \left(\frac{\omega_1^{(i)2}}{\omega_1^2}\right)x_{11}, \qquad x_{12}^{(i)} = \left(\frac{\omega_1^{(i)}\omega_2^{(i)}}{\omega_1\omega_2}\right)x_{12} \qquad \text{et} \qquad x_{13}^{(i)} = \left(\frac{\omega_1^{(i)}\omega_3^{(i)}}{\omega_1\omega_3}\right)x_{13}.$$

A l'aide des valeurs déterminées de ω_1, x_{11}, x_{12} et x_{13} [1] et de la règle du produit, on peut exprimer les seconds membres des équations précédentes en fonction de $\omega_1^{(i)}$ seul. En y joignant l'équation (1), on obtient la valeur de $\omega_1^{(i)}$, puisque $\nu_1^{(i)}$ est connu exactement [2]. Ensuite on détermine $\omega_2^{(i)}$ par la règle du produit. On peut éviter d'employer la valeur de $\nu_2^{(i)}$, encore incertaine pour le moment. Enfin $\omega_3^{(i)}$ peut être estimé facilement par la règle du produit. On peut en déduire les valeurs de $\nu_2^{(i)}$ et de $\nu_3^{(i)}$ (entre parenthèses dans le tableau) par des équations analogues à (1). Le tableau suivant donne les résultats

(1) *J. Chem. phys.*, 18, 1950, p. 1412.

(2) G. M. Murphy et J. E. Vance, *J. Chem. phys.*, 6, 1938, p. 426.

(3) *Rev. Mod. Phys.*, 12, 1940, p. 175.

(4) *Infrared and Raman Spectra of Polyatomic Molecules*, 1945, p. 206.

Type de vibration.	Fréquences en cm^{-1}. H_2S.		D_2S.	
A_1	ω_1 2714	ν_1 2611	$\omega_1^{(l)}$ 1946	$\nu_1^{(l)}$ 1891,6
A_1	ω_2 1215	ν_2 1183	$\omega_2^{(l)}$ 872	$\nu_2^{(l)}$ (859)
B_1	ω_3 2732	ν_3 2625	$\omega_3^{(l)}$ 1960	$\nu_3^{(l)}$ (1908)

2. Les constantes de force ont été calculées à partir des ω et de la fonction potentielle suivante (5)

$$2\overline{V} = k_1\{(\Delta r_1)^2 + (\Delta r_2)^2\} + k_0(\Delta\theta)^2 + k_{11}(\Delta r_1)(\Delta r_2) + k_{10}\{(\Delta r_1) + (\Delta r_2)\}(\Delta\theta),$$

où Δr_1, Δr_2, et $\Delta\theta$ sont les variations des distances S — H et de l'angle $H - \widehat{S} - H$ à partir de la position d'équilibre. $H - \widehat{S} - H = 92°20'$ (6). Pour les masses atomiques de H, de D et de S, on a adopté respectivement 1,008145, 2,014741 et 31,982274.

En utilisant quatre équations indépendantes, obtenues à partir de H_2S et de D_2S, on a calculé (en dynes/cm.10^5) les valeurs suivantes des constantes de force, avec, pour comparaison, celles de H_2O calculées par Heath et Linnett (5).

	k_1.	k_{11}.	$\frac{k_0}{r^2}$.	$\frac{k_{10}}{r}$.
H_2S	4,269	−0,042	0,427	0,150
H_2O	8,42541	−0,20084	0,76814	0,50469

(r est la distance d'équilibre de S—H ou O—H).

3. Puisqu'il y a peu d'hybridation et de résonance dans H_2S, les termes k_{11} et k_{10} sont peut-être dus simplement à l'interaction entre H———H, contrairement à ce qui a lieu pour H_2O.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Sur le rayonnement de freinage interne et externe de ³⁵S.* Note de Mme **Hélène Langevin-Joliot**, présentée par M. Frédéric Joliot.

Le spectre de freinage interne de ^{35}S obtenu à l'aide d'un spectromètre à scintillations dans un dispositif approprié, est en désaccord tant pour la forme que pour l'intensité avec la théorie. Le nombre de photons atteint 400% de la valeur théorique au-dessus de 90 keV. Les spectres de freinage externe émis lors de l'absorption complète des électrons de ^{35}S dans le carbone et l'aluminium sont en bon accord avec la théorie.

Le rayonnement de freinage interne accompagnant l'émission β^- (énergie maximum 167 keV) de ^{35}S a été étudié successivement par F. Boehm et

(5) *Trans. Farad. Soc.*, 44, 1948, p. 556.
(6) B. L. Crawford Jr. et P. C. Cross, *J. Chem. Phys.*, 5, 1937, p. 371.

C. S. Wu (¹) et N. Starfelt et N. L. Svantesson (²). Les premiers résultats (¹) obtenus avec la source dans l'air et sans dispositif spécial sont en accord avec la théorie de J. K. Knipp et G. E. Uhlenbeck (³). Starfelt et coll. au contraire, en travaillant à pression très réduite et avec une meilleure géométrie, trouvent un nombre de photons très supérieur à la théorie (12 % à 15 keV jusqu'à 290 % à 127, 8 keV). Il nous a paru utile de reprendre cette étude.

^{35}S produit par réaction (n, p) sur KCl a été extrait sans entraîneur en prenant des précautions particulières pour éviter l'introduction d'impuretés; l'extraction a été pratiquée et mise au point par M. Chemla. Les sources ont été déposées par évaporation thermique sous vide sur des feuilles de LC 600 de 10 μg/cm$_2$ tendues sur un cadre d'aluminium très mince.

On utilise comme détecteur un cristal INa-Tl de 2,5 cm de diamètre et 2,8 cm d'épaisseur dont on a calculé le rendement (angle solide $\times$ efficacité) en fonction de l'énergie dans la géométrie utilisée. Ce calcul a été contrôlé en particulier avec ^{198}Au (411 keV) et ^{99m}Tc (18-142 keV).

La source est introduite au centre d'une enceinte cylindrique de 10 cm de diamètre et 50 cm de longueur dans laquelle on fait le vide. Les photons sont détectés dans une direction perpendiculaire à l'axe à travers deux fenêtres de beryllium de 17 mg/cm^2 et la feuille d'aluminium de 2/100e de millimètre recouvrant le cristal. Pour éviter la production de photons de freinage externe au voisinage du détecteur un champ magnétique de 1800 gauss rejette les électrons vers les extrémités du cylindre.

Les spectres d'impulsions obtenus après amplification ont été analysés simultanément par un sélecteur à 50 canaux et en quelques points par un sélecteur à un canal.

Quatre sources d'intensité différente comprise entre 13 et 100 μc ont été utilisées pour l'étude du freinage interne. En les plaçant ensuite en sandwich entre deux absorbants soit de carbone, soit d'aluminium, on a pu obtenir les spectres de freinage externe dans ces deux éléments.

Pour atteindre l'intensité absolue des photons émis on emploie la méthode suivante : on compare dans un spectrographe β l'intensité du spectre de la source de ^{35}S et celle de la raie de conversion K d'une source de ^{99m}Tc (6,6 h) environ 30 fois plus faible; il suffit de mesurer l'intensité de la raie X_K de la source de ^{99m}Tc dans le dispositif utilisé pour l'étude des photons de ^{35}S pour obtenir l'intensité de ceux-ci par KeV et par β, dans la région de 18 KeV. Cette détermination a l'avantage de ne faire intervenir ni l'efficacité du cristal, ni l'intensité absolue de la source, mais seulement le rendement de fluorescence du technetium.

(¹) *Phys. Rev.*, 93, 1954, p. 518.
(²) *Phys. Rev.*, 97, 1955, p. 708.
(³) *Physica*, 3, 1936, p. 425.

Nous avons en fait déterminé de plus l'intensité absolue de nos sources, ainsi que le rendement du cristal à 18 KeV en mesurant les sources de ^{99m}Tc au compteur 4π (la période courte, facile à suivre, permet d'éviter les sources intermédiaires ou tout au moins d'en employer une seule).

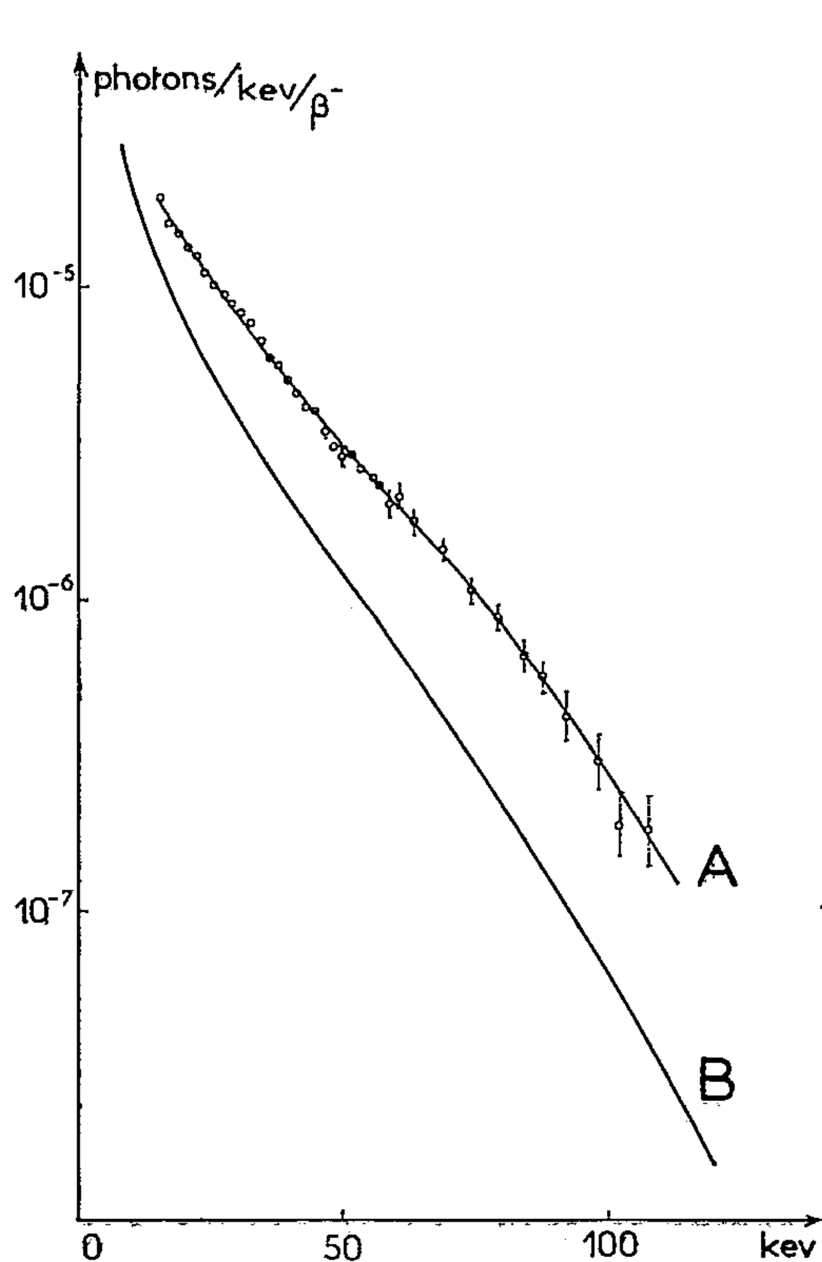


Fig. 1.

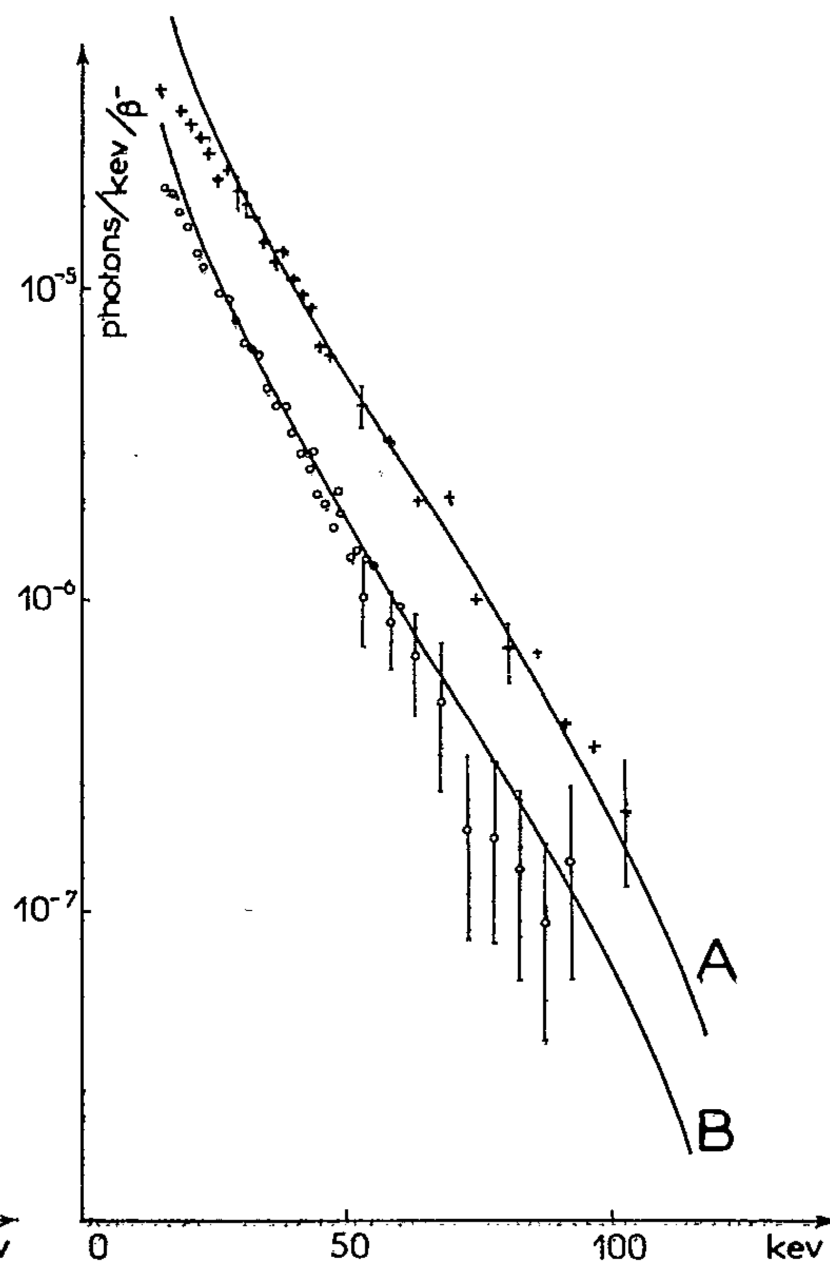


Fig. 2.

Fig. 1. — Spectre de freinage interne de ^{35}S.
A, courbe expérimentale; B, courbe théorique.

Fig. 2. — Spectre de freinage externe dans le carbone et l'aluminium
A, courbe théorique-aluminium; B, courbe théorique-carbone.

Les figures 1 et 2 résument nos résultats respectivement sur le rayonnement de freinage interne et externe de ^{35}S. Les points expérimentaux ont été corrigés pour tenir compte de l'échappement des photons K de l'iode, du pouvoir de résolution et de l'absorption dans C ou Al suivant le cas. On peut en conclure :

1° l'intensité du rayonnement de freinage interne est nettement supérieure à ce que prévoit la théorie, surtout pour les énergies élevées (nous obtenons un facteur 4 par rapport à la théorie au-dessus de 90 keV et une énergie moyenne de $1,65.10^{-2}$ keV/β au lieu de $8,6.10^{-3}$ keV/β). Les résultats de nos expériences sur ^{147}Pm et ^{143}Pr (non encore publiés) permettent déjà de conclure dans le même sens. Les calculs théoriques de Nilson cités par (²), qui tiennent

compte en première approximation du facteur de Coulomb relèvent les valeurs théoriques mais de façon insuffisante;

2° à la précision de nos mesures, la forme et l'intensité des spectres de freinage externe de ^{35}S dans C et dans Al sont en bon accord avec celles calculées par Starfelt et coll. ([2]) d'après la théorie de Sommerfeld-Elwert.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Sur l'émission de particules α de faible énergie par les noyaux légers et lourds excités par des protons de* 1000 MeV. Note (*) de M. **Georges Philbert**, présentée par M. Frédéric Joliot.

Les étoiles produites dans des émulsions de compositions variées par des protons de 1000 MeV sont classées suivant qu'elles présentent ou non une trajectoire courte. De considérations statistiques on déduit que la proportion d'étoiles présentant une branche courte (α de moins de 8 MeV) est de l'ordre de 50 % pour les noyaux légers, de 14 % pour les noyaux lourds.

Différents auteurs ont étudié les interactions des particules de grande énergie (100 à 1000 MeV) avec les noyaux de l'émulsion photographique.

Pour distinguer entre les phénomènes résultant d'interactions avec des noyaux lourds (Br, Ag) d'une part, des noyaux légers d'autre part, Hodgson ([1]), Morrison, Muirhead et Rosser ([2]), Combe ([3]), Lock et al. ([4]) ont utilisé le critère de la barrière de potentiel : celle-ci interdit l'émission de particules lentes (α de moins de 8 MeV, protons de moins de 4 MeV) dans la désintégration d'un noyau lourd; inversement l'émission d'un α de moins de 8 MeV étant permise dans la désintégration d'un noyau léger, on admet qu'elle se produit toujours en ce cas.

Des émulsions G_5, $G_5\,2\times$ et $G_5\,4\times$ ont été exposées au faisceau de protons de 1000 MeV du synchrotron de Birmingham. Un dépouillement en surface a été effectué, 418 étoiles retenues. Elles ont été classées en deux groupes, suivant qu'elles présentent ou non une branche (due généralement à un α) de longueur comprise entre 10 et 50 μ (G_5 nor), 10 et 55 μ ($G_5\,2\times$), 10 et 60 μ ($G_5\,4\times$). Les résultats sont portés dans les colonnes 1 et 2 du tableau : N_c et N_s sont les nombres d'étoiles avec et sans branche courte. Les colonnes 3 et 4 donnent respectivement les rapports N_S/N_C expérimentaux et la suite des rapports calculés d'après la composition de l'émulsion, la valeur expérimentale pour G_5, et en admettant la validité absolue du critère de la barrière de potentiel.

(*) Séance du 26 septembre 1955.

([1]) *Proc. Phys. Soc.*, 40, n° 4, 1953, p. 1113.

([2]) Lees, Morrisson, Muirhead et Rosser, *Proc. Phys. Soc.*, 44, 1953, p. 304.

([3]) *J. Phys. Rad.*, 16, 1955, p. 445.

([4]) Lock, March, Muirhead et Rosser, *Proc. Roy. Soc.*, 1955 (à paraître).

	Ns.	Nc.	$\frac{N_S}{N_C}$ exp.	$\frac{N_S}{N_C}$ cal.	$\frac{N_l}{N_L}$.	$\frac{N'_S}{N'_C}$.
G_5 (*).........	225	62	$3{,}6 \begin{cases} +0{,}9 \\ -0{,}6 \end{cases}$	$3{,}6_0 \begin{cases} +0{,}9_0 \\ -0{,}6_0 \end{cases}$	3,16	$4{,}8_0 \begin{cases} +1{,}4 \\ -1{,}0 \end{cases}$
G_5 2 ×.........	136	44	$3{,}1 \begin{cases} +0{,}9 \\ -0{,}6 \end{cases}$	$2{,}0_0 \begin{cases} +0{,}5_0 \begin{cases} +0{,}5_0 \\ -0{,}4_0 \end{cases} \\ -0{,}3_5 \begin{cases} +0{,}3_0 \\ -0{,}2_0 \end{cases} \end{cases}$	1,80	$3{,}9_5 \begin{cases} +1{,}4 \\ -1{,}0 \end{cases}$
G_5 4 ×.........	132	57	$2{,}3 \begin{cases} +0{,}7 \\ -0{,}4 \end{cases}$	$1{,}0_5 \begin{cases} +0{,}2_5 \begin{cases} +0{,}3_5 \\ -0{,}2_5 \end{cases} \\ -0{,}1_7 \begin{cases} +0{,}1_6 \\ -0{,}1_2 \end{cases} \end{cases}$	0,92	$3{,}0_0 \begin{cases} +1{,}0 \\ -0{,}7 \end{cases}$

(*) Les chiffres relatifs à l'émulsion G_5 sont ceux d'une statistique de Lock et al. à laquelle a été ajoutée une statistique portant sur 60 étoiles.

Dans la colonne 4 les premiers chiffres d'erreurs représentent l'incidence de l'erreur statistique portant sur la détermination de N_S/N_C dans l'émulsion normale, les suivants l'erreur statistique possible lors de la mesure dans les émulsions G_5 2 × et G_5 4 ×. Ces erreurs sont importantes en raison des faibles valeurs de N_C. Cependant les chiffres observés pour G_5 2 × et G_5 4 × se situent l'un et l'autre très au-dessus des chiffres calculés; pour G_5 4 × la différence tombe en dehors du domaine des erreurs. La critère de la barrière de potentiel est donc inapplicable à 1000 MeV.

Les proportions respectives x et y d'interactions avec les noyaux légers et lourds donnant lieu à l'émission d'une particule lente ont été calculées à partir des mesures relatives à deux groupes de deux types d'émulsions et en choisissant pour sections efficaces celles données par la théorie de Fernbach, Serber et Taylor (5). On a posé $r_0 = 1{,}37 . 10^{-13}$ cm dans la formule $r = r_0 A^{1/3}$ et pris une section efficace d'interaction nucléon-nucléon de $46{,}5 . 10^{-27}$ cm^2 (4). Les valeurs obtenues pour N_L/N_l (N_L, N_l : nombre d'interactions avec noyaux lourds et légers) sont reportées dans la colonne 5. L'utilisation des résultats expérimentaux exige une normalisation de ceux-ci pour tenir compte de l'existence d'interactions de type $1p$ (une branche) non observées lors du dépouillement en surface. Cette normalisation a été faite d'après les données de Lock et al. généralisées aux émulsions diluées en admettant que les événements à une branche avec changement d'ionisation concernent des noyaux lourds et que ceux sans changement d'ionisation sont répartis entre noyaux légers et lourds proportionnellement aux sections efficaces. La colonne 6 donne les valeurs N'_S/N'_C où les N' sont les nombres d'événements ainsi normalisés. La comparaison des colonnes 5 et 6 montre d'une manière encore plus nette, mais par une méthode

(5) *Phys. Rev.*, 75, 1949, p. 1352.

basée sur des considérations semi-théoriques, l'inexactitude de la barrière de potentiel.

Il est facile de calculer x et y. On obtient $x=0,37$, $y=0,11$; $x=0,38$, $y=0,11$ suivant qu'on utilise les résultats relatifs aux émulsions G_5 et $G_5 2\times$ ou G_5 et $G_5 4\times$. Les proportions correspondantes pour les étoiles à deux branches et plus, sont $x'=0.46$, $y'=0,14$.

Les erreurs statistiques sur chaque détermination sont élevées. Mais la concordance des résultats est encourageante. On peut encore étayer ceux-ci de la façon suivante : la valeur de y' est compatible avec le nombre d'étoiles à huit branches ou plus, possédant une branche courte; 19 sur un total calculé de 207 étoiles de désintégration de noyaux lourds, nombre qui correspond à un $y'_{\text{exp}}=0,09\left\{\begin{smallmatrix}+0,02\\-0,02\end{smallmatrix}\right.$. Une limite supérieure x'_s de x peut être déduite de l'inégalité précédente en mélangeant les statistiques relatives aux émulsions $G_5 2\times$ et $G_5 4\times$. On trouve $x'_s=0,51\left\{\begin{smallmatrix}+0,11\\-0,11\end{smallmatrix}\right.$.

La faible différence entre la valeur $y'=0,14$ et la valeur limite 0,09 de y'_{exp} indique clairement que l'émission de particules de moins de 8 MeV est possible pour les noyaux lourds seulement dans le cas d'excitation thermique à des énergies élevées, correspondant à des désintégrations avec une dizaine de particules chargées.

MÉTALLOGRAPHIE. — *Étude thermoélectrique des transformations des alliages fer-chrome.* Note (*) de MM. **Gilles Pomey** et **Jean Philibert**, présentée par M. Albert Portevin.

La mesure du pouvoir thermoélectrique permet de suivre l'évolution des alliages fer-chrome voisins de la composition équiatomique et de différencier les transformations ordre-désordre et $\alpha \rightleftharpoons \sigma$.

L'un de nous a montré ([1]) que les alliages fer-chrome voisins de la composition équiatomique ont la particularité de présenter la succession, dans le temps ou dans l'échelle des températures, d'une transformation type ordre-désordre, à l'état α, et d'une transformation de phase $\alpha \rightleftharpoons \sigma$. Ces deux transformations s'effectuant sans diffusion des éléments à grande distance, il nous a paru intéressant de comparer leur influence sur le pouvoir thermoélectrique.

Nous avons employé le dispositif mis au point par F. Aubertin et C. Crussard ([2]) où le pouvoir thermoélectrique est mesuré à la température ambiante, après transformation, en formant un couple entre l'échantillon et une éprouvette de référence (fer, cuivre ou aluminium).

(*) Séance du 26 septembre 1955.

([1]) P. Bastien et G. Pomey, *Comptes rendus*, 239, 1954, p. 1636 et 1797.

([2]) *Congrès de Métallurgie*, *Venise*, 1951; *La Metallurgia Italiana*, 44, 1952, p. 548.

Transformation ordre-désordre. — Les solutions solides α désordonnées obtenues par recuit à haute température et conservées à l'ambiante par refroidissement rapide sont susceptibles de s'ordonner par maintien suffisamment prolongé à basse température (inférieure à 550° C environ). Nous avons suivi

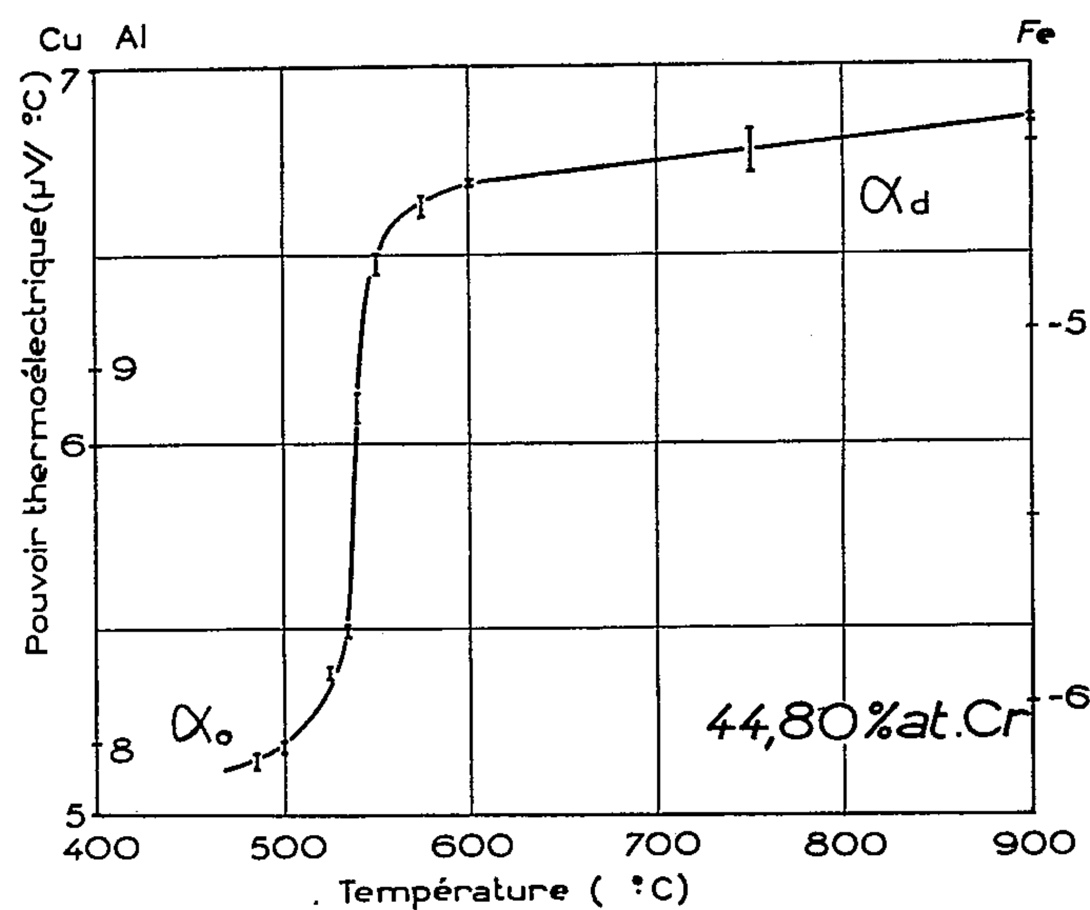


Fig. 1. — Variation du pouvoir thermoélectrique avec la température de maintien.

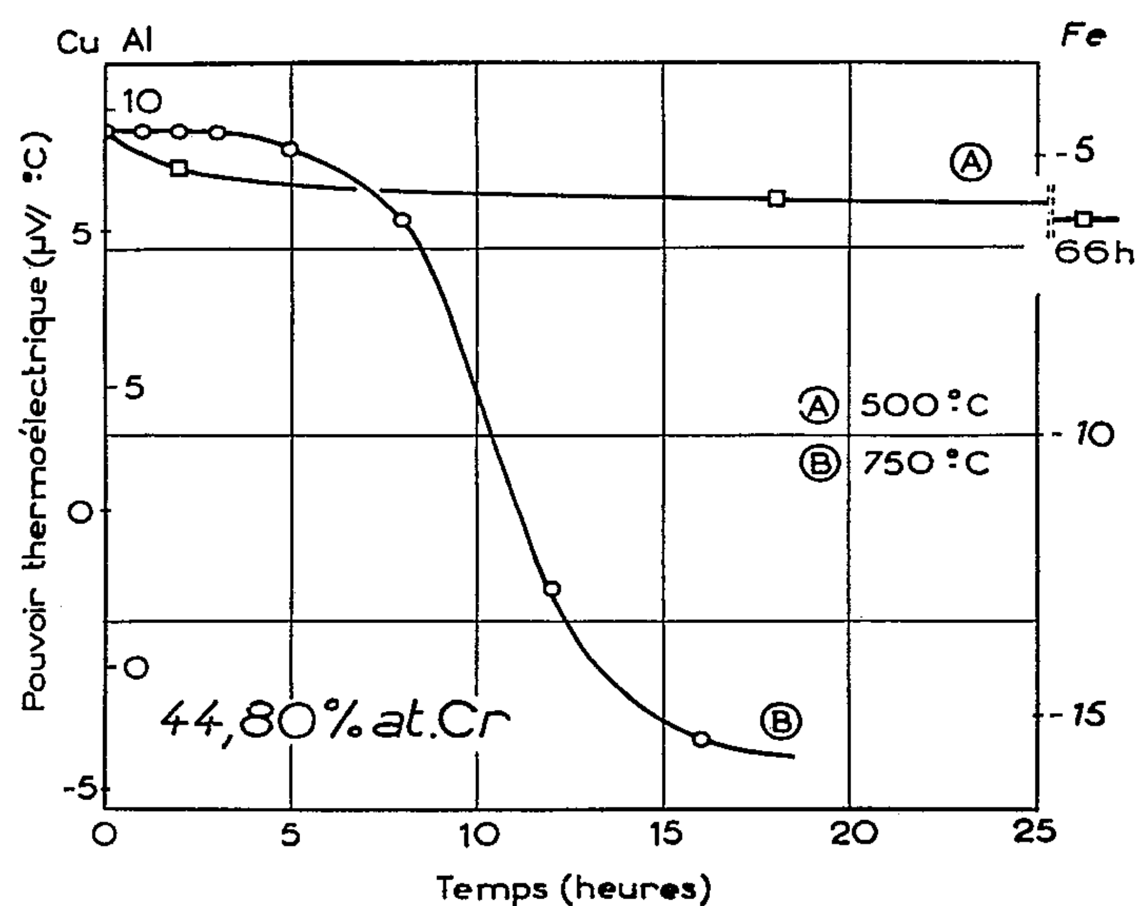


Fig. 2. — Variations du pouvoir thermoélectrique au cours de maintiens isothermes.

la formation de l'ordre au cours des maintiens isothermes par la chute correspondante du pouvoir thermoélectrique.

Les résultats qui se rapportent à un alliage à 44,80 % at. Cr sont groupés sur la figure 1. Il faut remarquer que l'établissement de l'ordre s'accompagne

d'une chute sensible du pouvoir thermoélectrique, 1,6 μV/°C environ, et que le passage d'un état à l'autre s'effectue dans un intervalle étroit de températures, ce qui permet de définir une température critique autour de laquelle le pouvoir thermoélectrique varie très rapidement.

La courbe A de la figure 2 donne la variation du pouvoir thermoélectrique en fonction du temps pour un maintien isotherme (500° C). Cette courbe présente une chute rapide au début du maintien, sans période d'incubation, qui se ralentit progressivement pour être terminée vers 60 h.

Transformation de phase $\alpha \rightarrow \sigma$. — La même méthode nous a permis de suivre dans les mêmes alliages la transformation $\alpha_d \rightarrow \sigma$ qui a lieu dans un domaine de températures légèrement supérieur à celui de la transformation précédente, mais inférieur à 820° C. La courbe B de la figure 2 montre la variation à 750° C du pouvoir thermoélectrique au cours de la transformation totale en phase σ du même alliage à 44,80 % at. Cr. Cette fois, la chute du pouvoir thermoélectrique qui est très importante, 11 μV/°C, et l'allure de la courbe isotherme, en particulier la différence de comportement au début du maintien, marquent bien la différence de nature des deux transformations que présentent ces alliages, la première se produisant en phase unique alors que la seconde conduit à la précipitation d'une nouvelle phase.

CHIMIE COLLOÏDALE. — *Étude de « l'effet protéine » et de « l'effet colloïde micellaire » des indicateurs.* Note de M. **Pierre May**, présentée par M. Jacques Duclaux.

L'albumine de plasma de bœuf et le laurylsulfate de sodium modifient, l'un et l'autre, les spectres d'absorption du *p*-diméthylaminoazobenzène. L'analogie frappante des deux effets observés donne à penser qu'un même mécanisme associe le colorant à l'albumine de plasma de bœuf d'une part, au laurysulfate de sodium d'autre part.

Nous avons étudié précédemment « l'effet protéine » [1] dans le cas du paradiméthylaminoazobenzène (DAB) en présence d'albumine de plasma de bœuf (A). Depuis nous avons observé un effet très comparable en substituant à la protéine (A) du laurylsulfate de sodium (NaLS).

Nous avons tracé les spectres d'absorption du DAB en solution aqueuse à des pH variables entre 0,1 et 6,3 puis nous avons tracé ces spectres en y ajoutant 0,2 % de NaLS. Nous avons utilisé au pH 0,1 une solution HCl N, des solutions du mélange 0,1 N d'HCl et glycocolle + NaCl réalisant les pH compris entre 1 et 5, enfin des solutions tampons 0,1 N d'acétate de sodium-acide acétique. Au surplus, nous avons tracé les spectres dans une solution tampon véronal 0,1 N au pH 7,7 du DAB seul (Γ_n), puis en présence de 0,1 % d'albumine de plasma de bœuf, soit (Γ'_n), ou de 0,2 % de NaLS(Γ''_n).

(1) P. May, *Comptes rendus*, 239, 1954, p. 917.

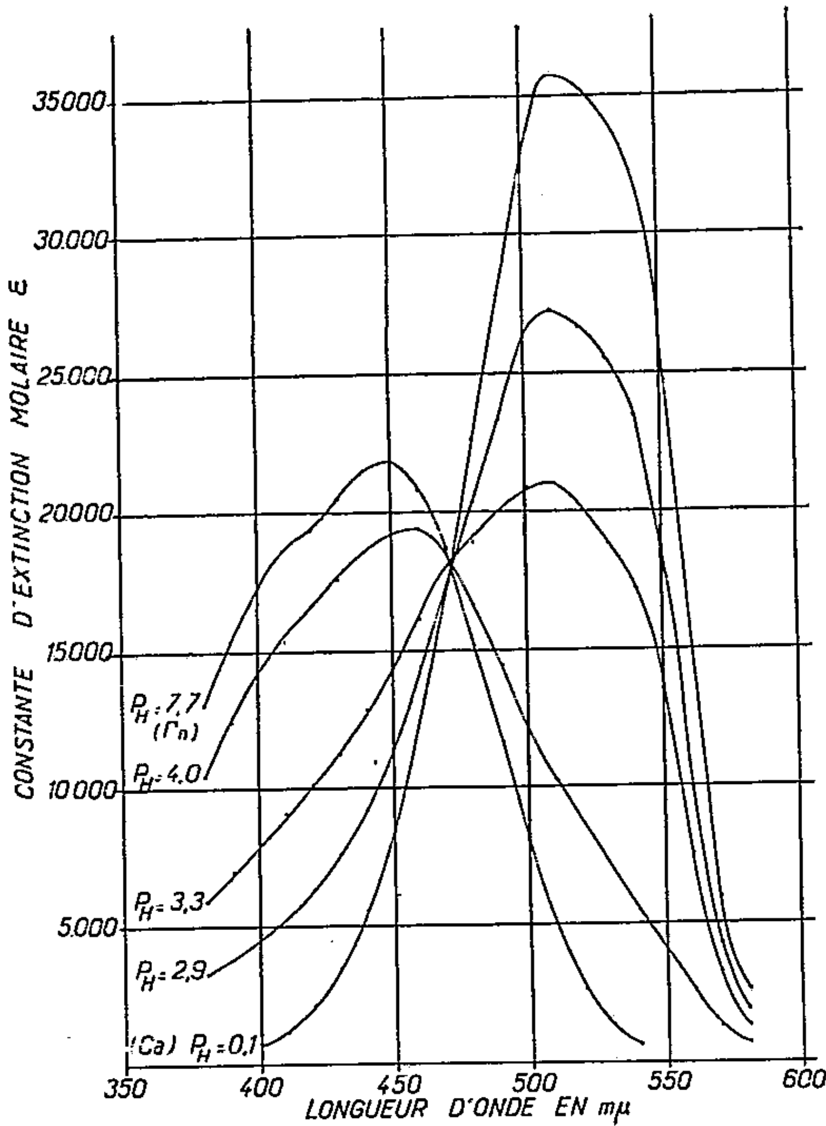


Fig. 1.

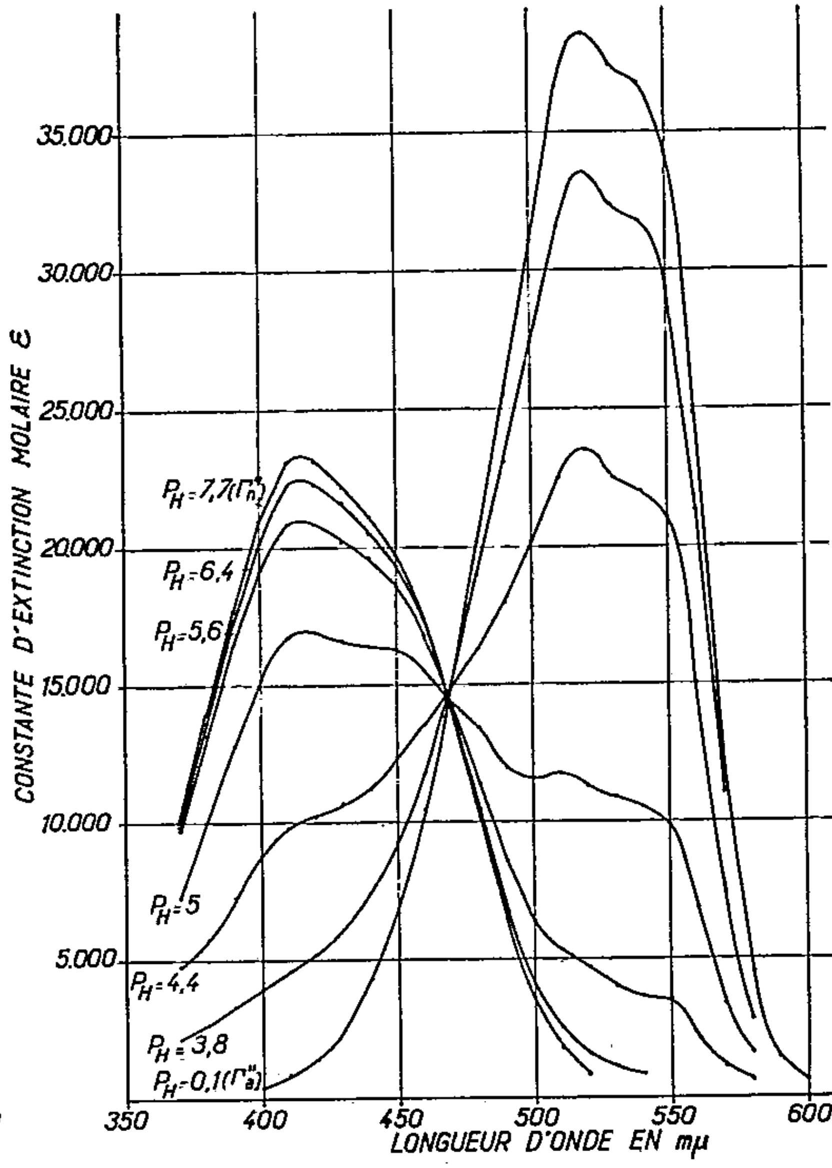


Fig. 2.

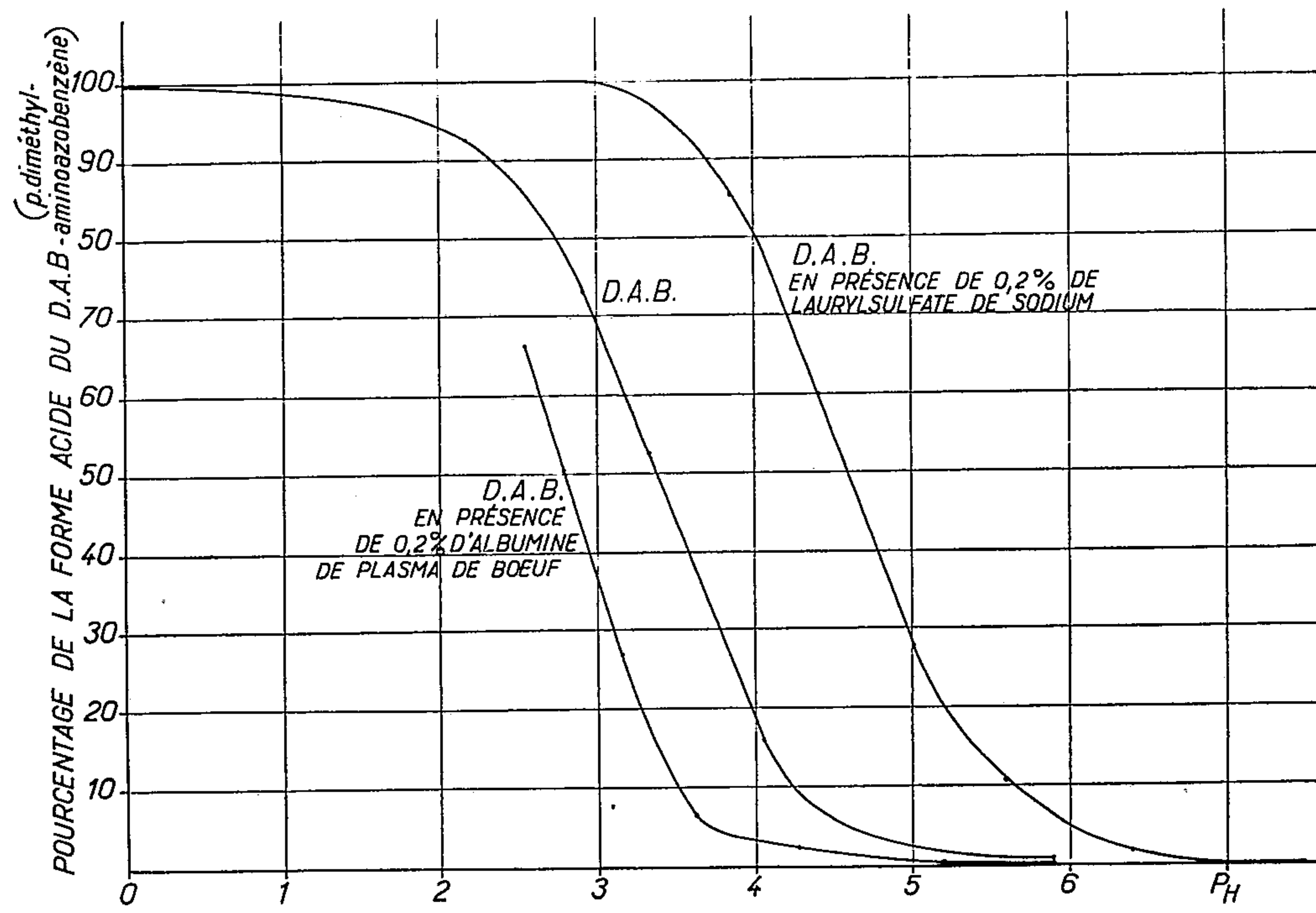


Fig. 3.

Résultats obtenus — *a*. DAB seul : le spectre tend vers la courbe Γ_n que nous appelons courbe limite neutre, lorsque le pH augmente vers la neutralité. Lorsque le pH tend vers zéro, le spectre tend vers une courbe limite acide C_a. Les spectres intermédiaires passent par le point de rencontre des deux courbes limites (point isosbestique) (*fig*. 1).

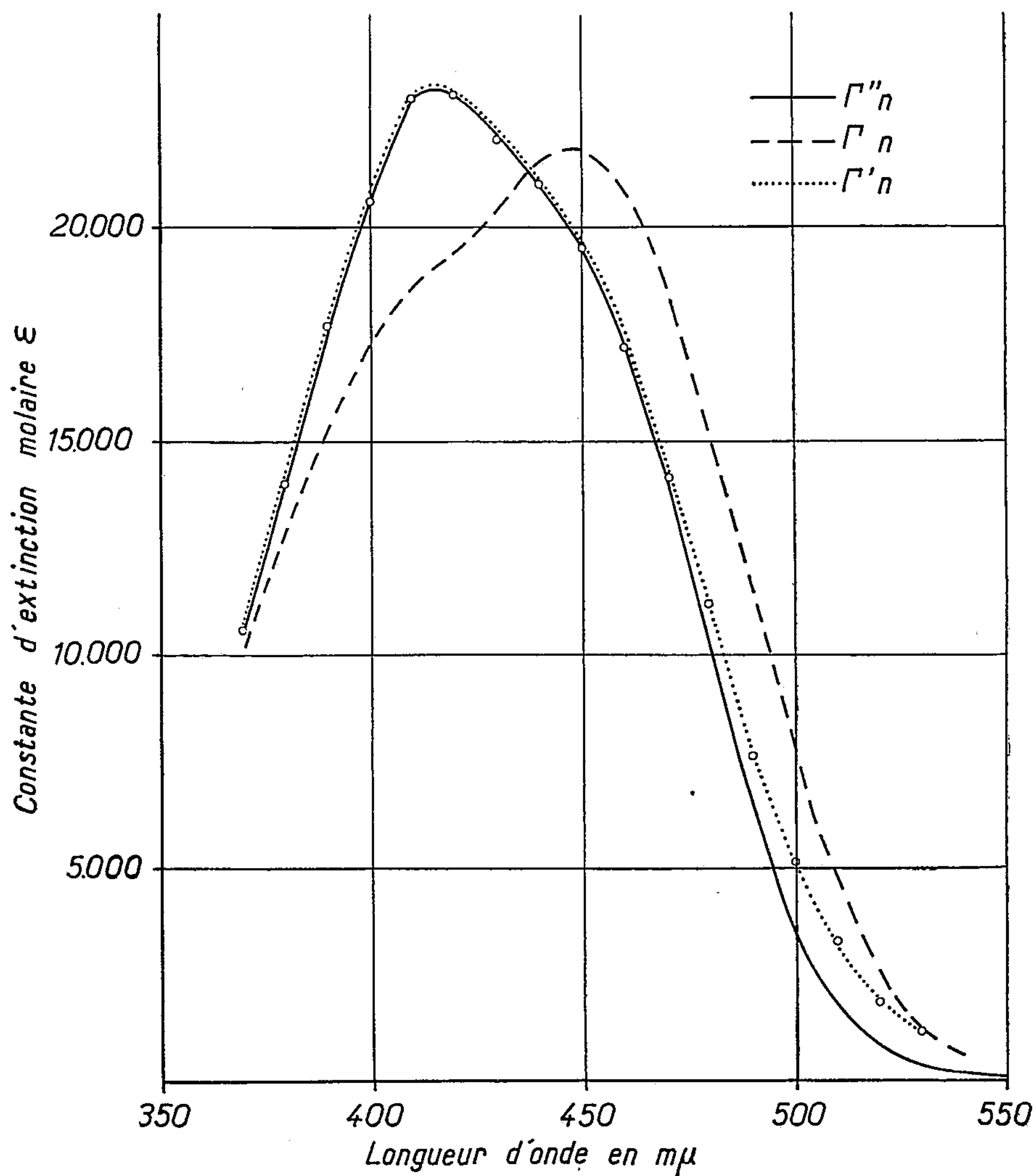


Fig. 4.

b. DAB en présence de 0,2 % de NaLS : lorsqu'on augmente le pH vers la neutralité, le spectre tend vers une courbe limite neutre Γ''_n (différente de C_n) comme dans le cas de la protéine A. Lorsque le pH tend vers zéro, le spectre tend vers une courbe limite acide Γ''_a (différente de C_a) contrairement au cas de la protéine A. Tous les spectres intermédiaires passent par le point de rencontre de Γ''_n et Γ''_a (*fig*. 2). L'équilibre entre les deux formes neutre et acide du colo-

rant se trouve déplacé, comme dans le cas de la protéine A, mais en sens inverse (*fig.* 3).

c. la courbe Γ''_n coïncide rigoureusement avec la courbe Γ'_n obtenue à pH 7,7 en présence de 0,1 % d'albumine de plasma de bœuf (*fig.* 4).

Discussion et conclusion. — Les résultats obtenus, et notamment la coïncidence rigoureuse des courbes Γ'_n et Γ''_n, suggèrent que les deux effets envisagés — protéine A et colloïde micellaire NaLS [*cf.* ([1])] — sont de nature identique.

Les nombreux travaux de Chimie physique micellaire peuvent aider à interpréter l'effet du laurylsulfate de sodium : le DAB sous ses deux formes acide et neutre serait solubilisé par les micelles de ce colloïde et il s'ensuivrait la modification des spectres de ces deux formes (*fig.* 2) et le déplacement de leur équilibre en fonction du pH (*fig.* 3).

L'analogie de l'effet observé avec la protéine A nous incline à penser qu'un mécanisme analogue associe le DAB neutre à la protéine A.

Nous poursuivons nos travaux en vue de préciser et d'étendre ces notions dont l'intérêt s'accroît du fait de l'action cancérigène du DAB.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur un cas de vinylogie aromatique dans la réaction inverse de Michael.* Note (*) de M. **Sylvestre Julia**, présentée par M. Marcel Delépine.

La réaction de Michael simple et inversée a trouvé récemment quelques applications dans la dégradation de δ-dicétones ([1]). Si les diénones conjuguées sont connues pour donner la réaction vinylogue normale ([2]), les exemples de l'eucarvone ([3]) et de la cycloheptadiénone ([4]) semblent être jusqu'à présent les seuls pour illustrer la vinylogie diénique dans la réaction inverse de Michael. D'autre part, il a été montré tout récemment que la vinylogie aromatique permettait d'ajouter avec succès des réactifs nucléophiles à une double liaison styrénique activée par une fonction soit carbonyle ([5]), soit nitro ([6]) fixée sur le noyau. Il devient donc nécessaire d'examiner si la vinylogie aromatique était aussi valable dans la réaction inverse de Michael. Les expériences suivantes montrent que cela est possible.

(*) Séance du 26 septembre 1955.

([1]) S. A. Julia, A. Eschenmoser, H. Heusser et N. Tarköy, *Helv. Chim. Acta*, 36, 1953, p. 1885.

([2]) Par ex. A. Eschenmoser, J. Schreiber et S. A. Julia, *Helv. Chim. Acta*, 36, 1953, p. 482.

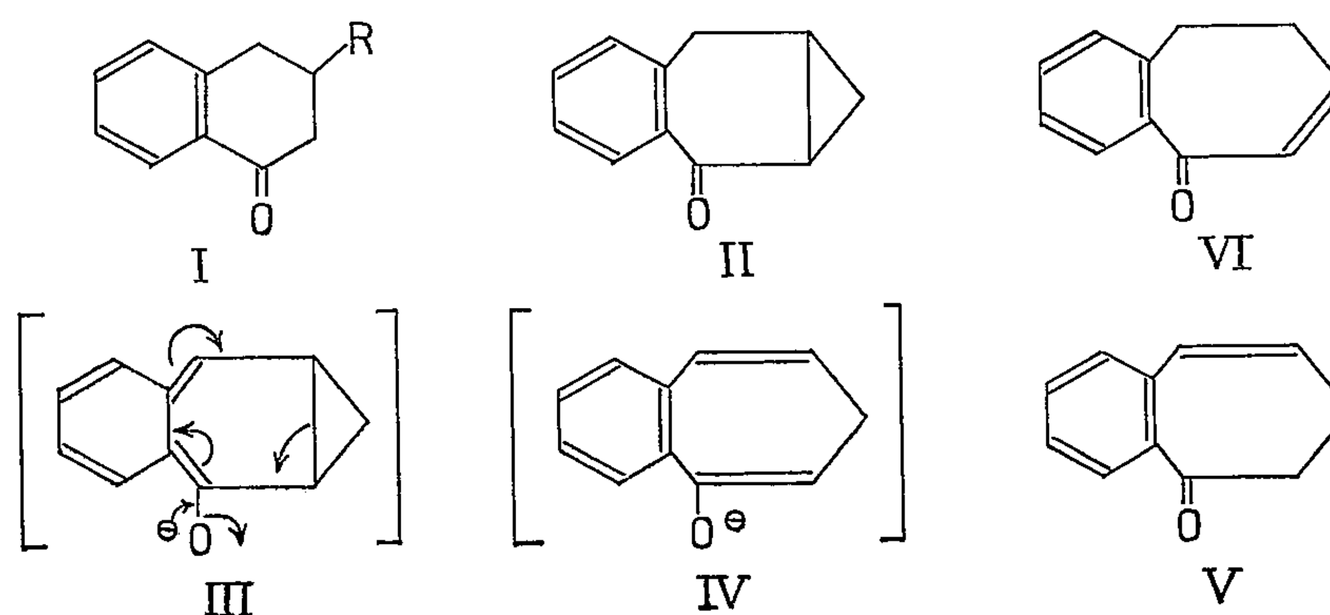
([3]) O. Wallach, *Ann. Chem.* 339, 1905, p. 94.

([4]) E. E. van Tamelen et G. T. Hildahl, *J. Amer. Chem. Soc.*, 75, 1953, p. 5451.

([5]) R. C. Fuson et F. E. Mange, *J. Org. Chem.*, 19, 1954, p. 806.

([6]) W. J. Dale et C. W. Strobel, *J. Amer. Chem. Soc.*, 76, 1954, p. 6172.

L'anhydride maléique par « addition substituante » de K. Alder [7] sur le toluène, donne facilement l'anhydride benzylsuccinique. Après cyclisation et estérification, le tétralone-ester obtenu [(I), $R = CO_2C_2H_5$] est traité par l'orthoformiate d'éthyle et l'éthanol chlorhydrique pour donner l'énol-éther éthylique correspondant, $É_{0,4}$ 129°; n_D^{17} 1,5398. La réduction par l'hydrure de lithium-aluminium suivie d'une hydrolyse acide conduit au tétralonecarbinol [(I), $R = CH_2OH$]; semicarbazone, prismes F 196°, λ_m 276 et 283 mμ (log ε 4,25); 2.4-DNP, aiguilles rouges F 240°, λ_m 387 mμ (log ε 4,45) [8]. Le toluène *p*-sulfonate correspondant, prismes F 99°, est traité par la potasse aqueuse pour aboutir à la tétralone cyclopropanique (II), $É_{12}$ 150°, n_D^{21} 1,5871, λ_m 244 et 287 mμ (log ε 3,91 et 3,15); semicarbazone, prismes F 186°, λ_m 277 mμ (log ε 4,24); 2.4-DNP, prismes rouge foncé, F 233°, λ_m 391 mμ (log ε 4,44).



Cela est frappant, car dans les exemples précédents de l'eucarvone et de la cycloheptadienone, le traitement basique conduisait directement aux cycloheptadienones résultant par réarrangement immédiat des intermédiaires cyclopropaniques instables. Le fait que la tétralone cyclopropanique (II) stable a été isolée ici, apporte un argument précis en faveur du mécanisme proposé. En vue du réarrangement attendu par les intermédiaires (III et IV), il faudrait employer un agent basique différent pour énoliser la fonction cétone à travers le noyau benzénique. En effet, la cétone cyclopropanique (II) traitée par une solution benzénique de *t*-amylate de sodium, conduit à la benzocycloheptadienone (V), $É_{13}$ 145°, n_D^{20} 1,6061, λ_m 231, 261 et 318 mμ (log ε 4,45; 3,69 et 3,34); semicarbazone, aiguilles F 209°, λ_m 245 et 275 mμ (log ε 4,33 et 4,09); 2.4-DNP, prismes orange F 224°, λ_m 374 mμ (log ε 4,41). Par hydrogénation en présence de palladium sur carbonate de calcium dans le méthanol,

---

(7) K. ALDER et coll., *Ber. Dsch. chem. Ges.*, 75 B, 1942, p. 1501; 76 B, 1943, p. 27.

(8) Les spectres ultraviolets des cétones et semicarbazones ont été déterminés dans l'alcool, ceux des 2.4-DNP dans le chloroforme.

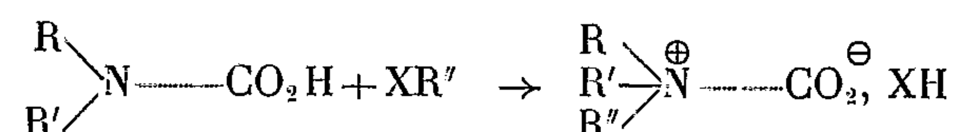
la cétone éthylénique (V) absorbe rapidement une molécule d'hydrogène pour donner la benzosubérone, identifiée par sa semi-carbazone et sa 2.4-DNP.

Pour confirmer la position styrénique de la double liaison chez (V), une benzocycloheptadienone isomère (VI) a été préparée par bromuration de la benzosubérone et déhydrohalogénation par la *s*-collidine. Après distillation sous vide, la cétone (VI) se polymérise rapidement et permet cependant d'isoler facilement une 2.4-DNP, prismes rouge foncé F 219°, λ_m 382 mμ (log ε 4,45) ([9]), nettement différente de celle correspondant à la cétone styrénique (V).

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sels de bétaïnes normaux et basiques des acides amino-acétiques N. alcoylés.* Note de MM. **Jean Albert Gautier** et **Jacques Grossir**, présentée par M. Marcel Delépine.

Les mono- et bis-bétaïnes de la série du glycocolle sont susceptibles de conduire par salification au moyen des hydracides à des sels normaux ou au contraire « basiques »; ces derniers se rencontrent électivement dans le cas des iodures, ce qui s'accorde avec les acquisitions antérieures relatives à d'autres séries d'acides aminés.

La transformation en ammonium quaternaire d'une fonction amine tertiaire d'amino-acide au moyen des halogénures d'alcoyles conduit à des composés qu'on peut considérer comme des sels de bétaïnes.



Il arrive qu'au cours de telles réactions on isole des sels « basiques » 2B, XH (B désignant le reste bétaïne) dans lesquels une liaison bétaïnique résiduelle réunit les fonctions originelles $N^{\oplus}$ et $CO_2^{\ominus}$ demeurées libres; la stabilité de cette liaison est parfois telle qu'elle résiste à l'action salifiante des hydracides bouillants. L'un de nous, avec divers élèves, a déjà attiré l'attention sur ces faits et souligné l'irrégularité apparente qui préside à la formation de ces sels anormaux de bétaïnes, dont un grand nombre ont été décrits en particulier par P. Pfeiffer ([1]); dans le but d'éclairer ce mécanisme obscur, furent préparés systématiquement les sels quaternaires de divers acides carboxyliques et sulfoniques dérivés de la pyridine ([2]). En s'adressant notamment aux bis-

([9]) Cette 2.4-DNP a déjà été obtenue d'une manière analogue par F. Ramirez et A. F. Kirby, *J. Amer. Chem. Soc.*, 75, 1953, p. 6026.

([1]) *Ber. Chem. Gesells.*, 55, II, 1922, p. 1762.

([2]) J. A. Gautier et E. Leroi, *Comptes rendus*, 216, 1943, p. 669 et 218, 1944, p. 200; E. Leroi, *Thèse Doct. Pharm. État*, Paris,. 1945; J. A. Gautier et J. Renault, *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 1736, et 237, 1953, p. 733.

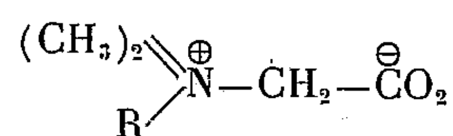
pyridiniums issus de l'union de deux molécules d'acide aminé avec une seule de dihalogénure d'alcoyle, ce qui permet de faire varier l'éloignement des deux fonctions polaires susceptibles de bétaïnisation, on a pu formuler quelques règles régissant le phénomène dans ce cas particulier.

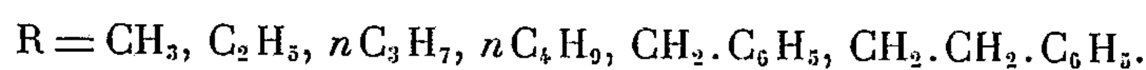
Il paraissait souhaitable de reprendre cette étude sur des molécules de même nature mais plus simples, en l'espèce, les ammoniums dérivant de l'acide diméthylaminoacétique (diméthylglycocolle) parmi lesquels se rencontre la « bétaïne de betterave » elle-même.

Comme le diméthylglycolle ne se condense pas directement, dans le cas général, avec les halogénures XR (diminution de réactivité du doublet additif de l'azote sous l'influence du carboxyle libre) nous avons converti en bromures quaternaires l'amide : $(CH_3)_2N-CH_2.CO.NH_2$ [préparation : $Cl.CH_2.CO.NH_2+(CH_3)_2NH$; aig. F 93°] puis hydrolysé par HBr bouillant la fonction amidée pour libérer le carboxyle; le sel quaternaire carboxylé obtenu étant difficile à séparer de NH_4Br formé, nous traitions ensuite le mélange par Ag_2O, accédant ainsi à la bétaïne, fixe et soluble, ainsi qu'à AgBr et NH_4OH, aisément éliminés. Enfin la bétaïne isolée par cristallisation était soumise à l'action des différents hydracides dans le but de régénérer par salification les halogénures quaternaires correspondants et de vérifier leur nature de sel normal ou basique.

En suivant, à des variantes près, ce protocole, nous avons isolé les séries suivantes :

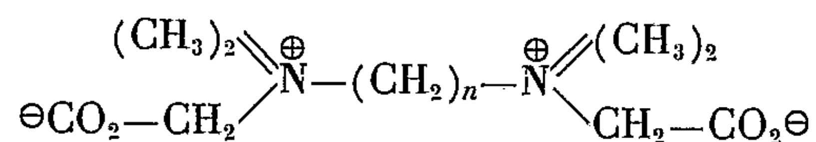
1. *Monobétaïnes :*





Chacune donne un chlorure, un bromure et un iodure normaux; nous avons de plus isolé l'iodure basique 2B, IH de la bétaïne ordinaire ($R = CH_3$) déjà connu, par condensation directe, exceptionnellement possible, du diméthylglycocolle avec ICH_3.

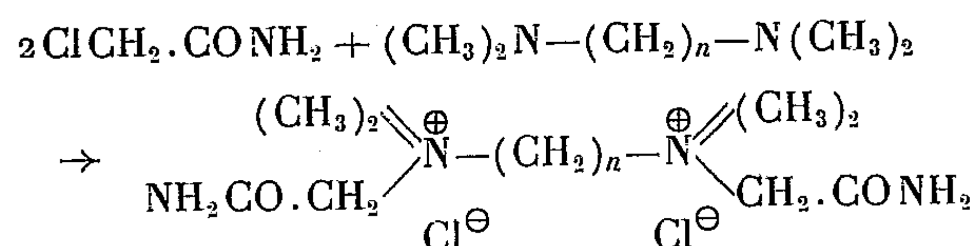
2. *Bis-bétaïnes :*



$n = 2, 3, 4, 5, 6$; les termes $n = 2$ et 5 ne sont pas accessibles par la voie indiquée, car l'amide diméthylaminoacétique n'a pu être condensé avec le dibromoéthane et le dibromopentane; nous avons préparé ces bétaïnes par hydrolyse chlorhydrique des dichlorures de bis-polyméthylènediméthylcarbaminoéthylammoniums obtenus par l'union de deux molécules de chlora-

cétamide avec une molécule de la diamine symétrique tétraméthylée correspondante :

$$2\,ClCH_2.CONH_2 + (CH_3)_2N-(CH_2)_n-N(CH_3)_2$$



Le *bis* quaternaire dicarboxylé obtenu était, comme dans le cas général, converti en *bis*-bétaïne par Ag_2O.

Les sels d'hydracides dérivant de toutes ces *bis*-bétaïnes ont une structure normale (2B, 2XH) en ce qui concerne les chlorures et bromures, et basique (2B, XH) dans le cas des iodures.

Ainsi, il apparaît que la formation de sels basiques de bétaïnes s'observe dès les séries les plus simples; comme il a déjà été constaté antérieurement (*loc. cit.*), le phénomène affecte préférentiellement le cas des iodures. En revanche, la longueur de la chaîne hydrocarbonée séparant les deux azotes des *bis*-bétaïnes est ici sans incidence.

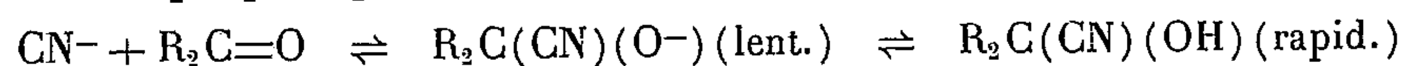
Ces curieuses « bétaïnisations spontanées » semblent traduire, paradoxalement, l'aptitude d'une des fonctions azotées à salifier le carboxyle organique par préférence à un acide minéral pourtant très fort; nous nous proposons de rechercher, par une nouvelle voie, si ce fait admet une explication purement chimique liée aux polarités en présence, ou physique, mettant en cause la structure réticulaire des solides isolés.

Les différentes bétaïnes évoquées dans cette Note, ainsi que leurs sels, constituent des espèces chimiques pour la plupart nouvelles; leur description, et celle des matières premières intermédiaires, sera donnée dans un autre recueil.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Étude quantitative de la réactivité de certaines cétones et chloro-2 cétones acycliques. Cinétique d'addition de l'acide cyanhydrique.* Note (*) de MM. **Max Mousseron**, **Jean Jullien** et **Paul Fauché**, présentée par M. Marcel Delépine.

On a déterminé les constantes de vitesse bimoléculaire, en milieu tamponné, de l'addition de CNH sur les cétones $R_2C{=}O$ et $R'{-}CO{-}Me$, ($R'{=}R{=}Me$, Et, *i*Pr; $R{=}n$Pr, *n*But), et sur les homologues 2-chlorés des cétones symétriques précédentes. Des indications sont données concernant la discussion des influences structurelles sur les constantes de vitesse et leurs coefficients de température.

Le schéma proposé par Lapworth ([1])



$$CN^- + R_2C{=}O \rightleftharpoons R_2C(CN)(O^-)\,(\text{lent.}) \rightleftharpoons R_2C(CN)(OH)\,(\text{rapid.})$$

(*) Séance du 19 septembre 1955.

([1]) *J. Chem. Soc.*, 83, 1903, p. 995; 85, 1905, p. 1206.

a été vérifié et utilisé. Nous avons étudié la constante de vitesse k de la première réaction directe. Les constantes de vitesse déterminées selon la méthode dite des vitesses initiales ont été calculées sur les premiers 10 % de la réaction, pour des cétones conduisant au moins à 40 % de CNH fixé à l'équilibre. Il a été possible de calculer leurs coefficients de température expérimentaux.

Solvant : H_2O/EtOH « 50/50 ». Tampon : AcONa (0,036)/AcOH (0,16)
($R_2C{=}O$)=(CNH) $\simeq$ 0,1 N. Ea en kcal/mol-g^{-1}, k en m^{-1}.mol-g^{-1}/l.

	Cétones.						Cétones chlorées.					
R—CO—R′	$k_{(10°)}.10^4$.	$\frac{k}{k_{ac}}$.	Ea.	log B.	$\frac{Ea}{\log B}$.		$k_{(10°)}.10^2$.	$\frac{k}{k_{ac}}$.	Ea.	log B.	$\frac{Ea}{\log B}$.	$\frac{k_{Cl}}{k_H}$.
1. Me Me.......	6,0	1	17,7	10,4	1,70	2.	7,8	$1,3.10^2$	13,9	9,7	1,43	130
Et Et.........	8,5	1,4	14,7	8,3	1,77		13	$2,1.10^2$	12,8	9,0	1,42	150
*i*Pr*i*Pr.......	4,4	0,7	12,7	6,5	1,96		< 0,15	$<0,1.10^2$	–	–	–	< 2
*t*But *t*But.....	<0,2	<0,1	–	–	–		–	–	–	–	–	–
3. Me Me.......	6,0	1	17,7	10,4	1,70	4.	7,8	$1,3.10^2$	13,9	9,7	1,43	130
Et Et.........	8,5	1,4	14,7	8,3	1,77		13	$2,1.10^2$	12,8	9,0	1,42	150
*n*Pr *n*Pr.....	4,1	0,7	15,6	8,7	1,79		6,0	$1,0.10^2$	9,9	6,4	1,54	146
n But *n* But...	6,7	1,1	14,0	7,6	1,83		14	$2,3.10^2$	8,9	6,0	1,48	205
5. Me Me.......	6,0	1	17,7	10,4	1,70							
Et Me........	5,9	1	16,3	9,4	1,74							
*i*Pr Me.......	26	4,3	11,9	6,6	1,80							
*t*But Me......	5,1	0,9	13,7	7,3	1,87							

1. Notons la faible amplitude des variations de k à l'intérieur de chacune des cinq séries envisagées (exceptions : *t*But-CO-*t*But, et $ClMe_2C$-CO-iPr, stériquement très encombrées). De plus, les cétones non chlorées donnent également des valeurs groupées, en tenant compte des indications précédentes. L'écart entre les deux groupes : 1, 3, 5 et 2, 4, illustre l'action accélératrice du chlore en 2 et apparaît sur la colonne k_{Cl}/k_H.

2. Au contraire les coefficients de température E*a* et log B varient tous deux fortement, la faible variation des k étant due à une compensation mutuelle de la valeur de chaque coefficient, illustrée par les rapports E*a*/log B. Il n'est donc pas possible d'expliquer la réactivité de ces cétones sur la base de la variation d'un seul coefficient.

3. Nous sommes amenés à envisager les facteurs de réactivité habituellement discutés comme participant à deux grandeurs introduites par la thermodynamique statistique : $\Delta\Delta E_p^{\neq}$, c'est-à-dire la différence d'énergie d'activation potentielle, entre la cétone considérée et l'acétone de comparaison, incluant les différentes notions connues : effets inductifs, stabilisation par résonance, hyperconjugaison, encombrement stérique, etc.; $\log(f^{\neq}/f)/(f_0^{\neq}/f_0)$, c'est-à-dire le logarithme du rapport des fonctions de partition dans l'état de transition et dans l'état initial, ramené à l'acétone de comparaison, qui se

discutent habituellement en associant le rapport de ces fonctions de partition au rapport du nombre de degrés de liberté dans les états considérés et en envisageant la stéricité du point de vue de l'entropie des structures correspondantes. On sait que ces deux grandeurs sont liées à k par la relation définissant l'énergie libre relative d'activation :

$$\Delta\Delta G^{\neq} = -2,3026\,RT\log\frac{k}{k_0} = \Delta\Delta E_p^{\neq} - 2,3026\,RT\log\frac{\dfrac{f^{\neq}}{f}}{\dfrac{f_0^{\neq}}{f_0}}.$$

Une augmentation de $\Delta\Delta E_p^{\neq}$ diminue la vitesse de la cétone; au contraire une augmentation de $\log(f^{\neq}/f)/(f_0^{\neq}/f_0)$ l'accroît. Ne pouvant isoler ces deux termes, nous allons rechercher si des hypothèses plausibles concernant leurs variations sont compatibles avec les résultats expérimentalement obtenus. Le rôle de l'encombrement stérique déjà souligné pour deux cétones semble avoir la même influence ralentissante marquée pour toutes les fins de séries 1, 2 et 5. Toutefois, l'effet inductif des Me qui intervient dans ces fins de séries peut avoir la même action, en provoquant une concentration électronique plus marquée au niveau du C du carbonyle; il est vraisemblable que ces deux effets se superposent. Par contre, le ralentissement observé des premiers termes des séries 1, 3 et 5 qui possèdent le plus de liaisons hyperconjuguées, avec le carbonyle, ne trouve d'explication en termes d'énergie potentielle que dans l'hyperconjugaison. Enfin, la présence du chlore en 2 accélère la vitesse pour des raisons inverses des effets précédents : seule $ClMe_2C$-CO-iPr semble présenter un ralentissement par encombrement stérique supérieur à l'accélération par effet inductif.

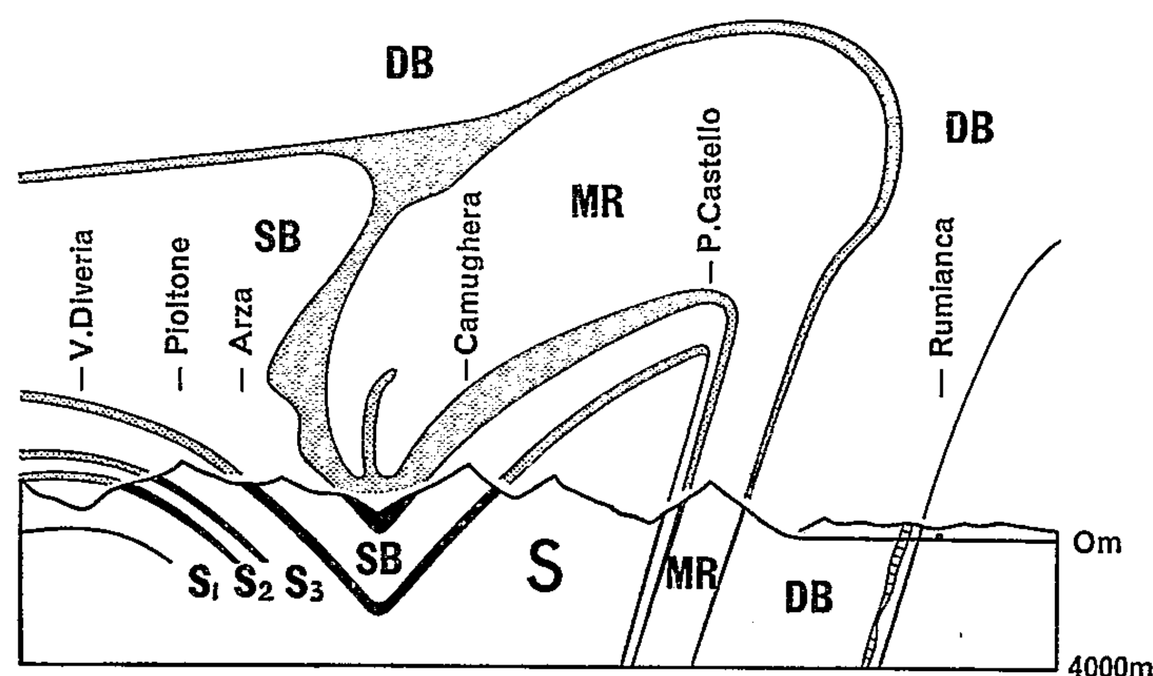
Ces considérations d'énergie potentielle, en tant que fraction de l'énergie libre d'activation, suffisent donc à rendre compte de l'ordre de classement des vitesses observées; mais l'impossibilité d'atteindre les termes des fonctions de partition ne permet pas d'affirmer que les conditions suffisantes ainsi dégagées soient les seules, et en particulier que les fonctions de partition n'interviennent pas.

GÉOLOGIE. — *Structures alpines; Ossola, cœur du problème.*

Note de M. **André Amstutz**, présentée par M. Pierre Pruvost.

Pour discerner la structure et comprendre la genèse des Alpes occidentales, ce qui importe sans doute le plus, actuellement, c'est d'examiner dans l'Ossola les racines des nappes simploniques et les recouvrements Saint-Bernard/Mont-Rose avoisinants. Car c'est là, dans cette zone de passage des Alpes pennines aux Alpes lépontiennes, qu'apparaissent bien juxtaposés, dans des conditions complexes mais particulièrement favorables, les effets successifs des trois

grandes phases tectogènes penniques : 1° la phase des recouvrements Saint-Bernard/Mont-Rose, 2° la phase Sesia/Mont-Rose, 3° la phase simplonique avec leurs modifications intercalaires. Et c'est là aussi, dans cette zone de juxtaposition, qu'est le point le plus névralgique du système Argand-Staub, ce système que l'on a voulu mettre à la base de la géologie alpine pendant une quarantaine d'années; c'est là surtout qu'apparaît son inaptitude à résoudre le problème fondamental des racines et de la succession des déformations alpines.



Coupe d'Argand au travers de l'Ossola; 1/400.000

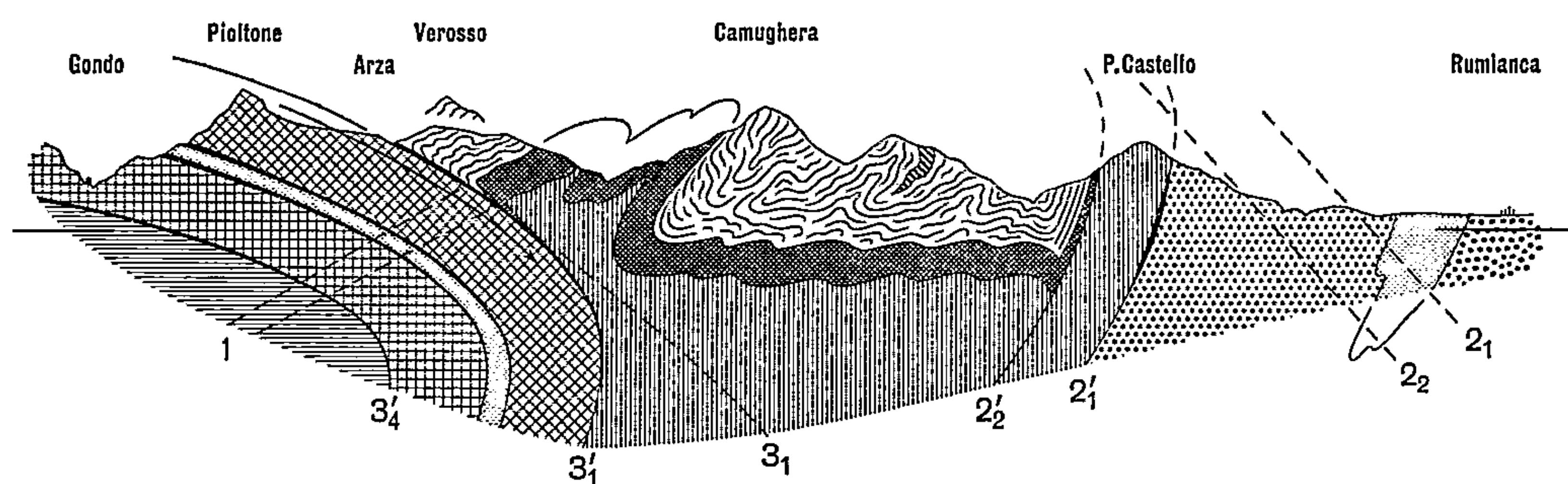
De 1911 à 1953, abstraction faite de Notes que j'ai fait paraître en 1950 et 1952, toutes les explications tectoniques qui ont été données pour l'Ossola ne se sont presque pas écartées de la coupe d'Argand reproduite ci-dessus (la Mischabel-Decke de Staub ne modifiant la conception originelle que par la réunion des racines SB et MR). Dans les travaux de MM. Bearth et Blumenthal (1939 et 1953) les principes directeurs du système Argand-Staub se retrouvent, en effet, au complet (1) et ces auteurs sont ainsi amenés, en conclusion majeure, à considérer tout l'espace compris entre la Bogna et les roches vertes d'Antronapiana comme appartenant aux parties radicales de la nappe Monte-Leone, l'assortiment complet de leurs nappes étant ployé d'une manière aiguë au-dessus de la zone dite des racines, exactement comme sur la coupe d'Argand.

Or, comme je l'ai dit récemment (2) avec une série d'observations à l'appui, le dos de la nappe Monte-Leone (c'est-à-dire la base de la nappe Verosso-Berisal) est jalonné d'Arza à Cisore par une série de roches mésozoïques plus

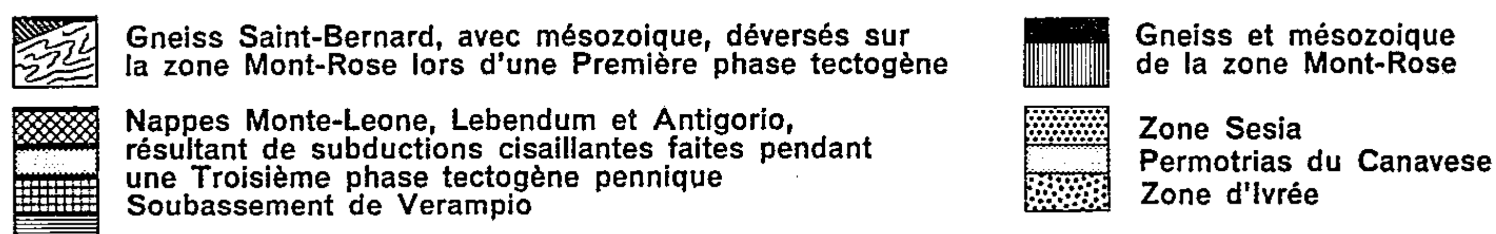
(1) Déversement généralisé des nappes penniques vers l'extérieur de l'arc alpin, enracinement collectif dans une zone dite des racines, empilement et culmination longitudinale de toutes ces nappes dans l'Ossola-Tessin.

(2) *Archives des sciences*, Genève, 7, 1954, p. 411.

ou moins laminées ([3]) qui montrent nettement la limite de la nappe au Sud et qui démontrent donc bien que les gneiss ondulés Prabernardo-Domodossola n'appartiennent pas à cette nappe.



Coupe schématique préliminaire d'après A. Amstutz ; 1/220.000



La succession et l'emplacement originel des subductions sont indiqués par des chiffres et indices sans primes, les indications avec primes correspondant à l'emplacement actuel.

Ces gneiss ne sont, à mon sens, que des masses Saint-Bernard déversées sur le mésozoïque de la zone Mont-Rose lors d'une première phase tectogène, et leur inclinaison axiale est exactement le contraire de ce que les auteurs et les adeptes du système Argand-Staub ont imaginé pendant si longtemps; du pli transversal d'Antronapiana à Domodossola, ils descendent longitudinalement vers l'Est-Nord-Est, et non vers l'Ouest-Sud-Ouest. Du côté méridional, comme le montre la coupe ci-jointe, ils ont été sectionnés par les subductions de la deuxième phase tectogène; tandis que de l'autre côté, avec les replis secondaires de la Camughera et du Val Loranco, ils ont été cisaillés par la première des subductions simploniques, qui recoupe l'une des précédentes près de Malesco et qui correspond donc au début d'une troisième phase.

En somme, *ces gneiss Prabernardo sont ici les équivalents des recouvrements SB/MR des massifs Mont-Rose et Grand-Paradis* (où j'ai observé des retroussements qui montrent bien que ces recouvrements sont antérieurs à la phase Sesia/Mont-Rose). De nombreuses raisons géométriques et pétrographiques m'ont amené à cette conclusion primordiale, et d'autres encore convergent pour la corroborer; elle ne peuvent évidemment pas être relatées dans ces deux pages-ci mais on en trouvera un certain nombre exposées dans le travail précité.

([3]) Roches amphibolitiques ou calcaires, accompagnées de mylonites mixtes issues du mélange de gneiss et d'ophiolites.

PÉTROGRAPHIE. — *Sur la composition chimique de l'espichellite et sa position dans la famille des Lamprophyres.* Note de M[me] **Elisabeth Jérémine** et M. **André Sandréa**, présentée par M. Paul Fallot.

L'espichellite, lamprophyre filonien [paramètres magmatiques : III. 5.3(4).3] appartient à la famille des monzonites.

Le nom d'espichellite a été attribué par de Souza Brandão (1) à un lamprophyre filonien traversant les calcaires jurassiques et crétacés à Praia dos Degraus, à l'Ouest du cap Espichel (Serra de Arrabida, distr. Setubal, au Sud du Tage, Portugal).

L'étude microscopique publiée par de Souza Brandão indique, une roche microlitique composée au premier temps par de grands cristaux automorphes d'une hornblende brune, titanifère, correspondant à la syntagmatite de J. A. F. Breithaupt (2) et par de l'augite; on trouve en outre des pseudomorphoses carbonatées d'un minéral que ses formes indiqueraient comme ayant été du péridot.

Dans la pâte, les mêmes minéraux dominent, accompagnés d'une biotite fréquemment disposée en couronnes réactionnelles autour de cristaux d'oxyde métallique que nous considérons comme de la titano-magnétite; le feldspath, peu abondant, est un plagioclase zoné à 55 % d'anorthite au centre. De Souza-Brandão mentionne aussi l'existence de faciès à microlites d'orthose et à analcime. L'analyse qui va suivre a été effectuée sur un échantillon de roche sans zéolites, dont le seul minéral secondaire est la calcite.

Le dosage ayant donné 0,75 % de CO_2, qui correspond à 1,70 de calcite (norme de Washington), nous avons recalculé le pourcentage en éliminant le carbonate de façon à serrer de plus près la composition originelle.

Pour situer l'espichellite dans la systématique il faut considérer son caractère hétéromorphe évident, se traduisant par une composition volumétrique réelle à 18-20 % de syntagmatite, 5-6 % d'augite et 2-3 % d'olivine remplacée par la calcite, tandis que la composition virtuelle donne 16 % de pyroxène et 9 % d'olivine.

De plus, l'absence de feldspath dans les minéraux du premier temps, ainsi que la nature pneumatogène de la majeure partie des barylites constituant la roche, confirment l'appartenance à un type lamprophyrique. Une classification rigoureuse dans une famille dont l'hétéromorphisme est un caractère fréquent, n'est pas aisée.

(1) *Annaes Scientificos da Academia Polytechnica do Porto*, 1, 1905.
(2) *Berg und Hütten. Zeitung.* 24, 1865, p. 428.

Analyse : laboratoire d'analyse de roches du C. N. R. S.

		Calcite éliminée, analyse ramenée à 100 %.		
SiO_2	42,30	42,70	Or	15,01
Al_2O_3	15,30	15,45	Ab	11,00
Fe_2O_3	5,85	5,91	An	25,58
FeO	5,50	5,55	Ne	3,12
MnO	0,12	0,12		
MgO	8,20	8,28	$CaSiO_3$	8,82
CaO	11,10 (*)	10,24	$MgSiO_3$	7,60
Na_2O	2,00	2,02		
K_2O	2,50	2,53	Mg_2SiO_4	9,24
TiO_2	3,50	3,53		
P_2O_5	0,53	0,54	Ma	7,89
H_2O^+	2,20	2,22	Ilm	6,69
H_2O^-	0,90	0,91	Hem	0,49
CO_2	0,75 (*)	–	Ap	1,34
	100,75	100,00		

(*) Paramètres (Wash.) III 5.3(4).3.

Des divers modes de classification tentés, deux conceptions se sont dégagées :

a. Celle de P. Niggli et P. J. Beger ([3]) essentiellement chimique, tenant compte de compositions oscillant généralement autour de celles de la famille gabbrodioritique, y rattache les lamprophyres, où elle distingue des variantes calco-alcalines, sodiques et potassiques.

C'est probablement sur ces bases et en absence d'une analyse chimique que E. W. Tröger ([4]) a considéré l'espichellite comme relevant de la famille des essexites analcimiques.

b. La conception plus classique, de H. Rosenbusch ([5]) reprise par A. Lacroix, considère que les principales familles magmatiques ont chacune un représentant filonien mélanocrate, alcalin, souvent hétéromorphe, aux caractères de lamprophyre. C'est cette dernière vue que nous adoptons, comme susceptible de permettre des localisations plus précises. Dans ce cas, l'espichellite se trouve dans un secteur magmatique intermédiaire entre les *monzonites alcalines* (II-III.5.3.3 = *plauénite*) et les *gabbros* (III.5.3.4).

L'analogie chimique étroite avec les kersantites shoshonitiques (III.5.3.3) d'une part, et d'autre part la composition minéralogique ressemblant à celle des kersantites à hornblende, nous conduisent à définir l'espichellite comme

([3]) *Gesteins und Mineralprovinzen*, I, Berlin, Bornträger, 1923.

([4]) *Spezielle Petrographie der Eruptivgesteine*, Berlin, 1935, p. 234.

([5]) *Mikroskopische Physiographie*, 4e éd., Part II, 2, 1908, p. 1516.

un lamprophyre filonien, titanifère, essentiellement amphibolique, appartenant génétiquement à la famille des *kersantites mélanocrates* et chimiquement au groupe des *monzonites*.

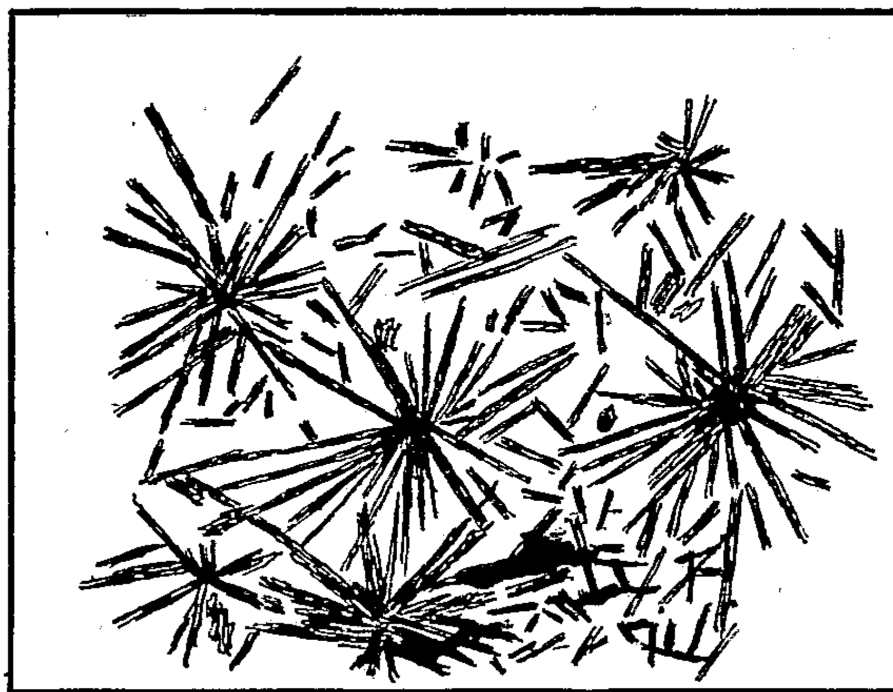
PÉTROGRAPHIE. — *Les pantellérites du Mont Mba Nsché (Cameroun).* Note de M. **Pierre Koch**, présentée par M. Paul Fallot.

En divers territoires africains on a rencontré des laves acides particulières, appartenant au groupe des pantellérites. Ce sont des rhyolites hyperalcalines dans lesquelles le pourcentage en minéraux ferromagnésiens, calculé d'après l'analyse chimique, dépasse 12,5 %. On en connaît en particulier en Somalie française (H. Arsandaux, 1906) (1), en Abyssinie (A. Lacroix, 1930) (2), au Tibesti (A. Lacroix, 1934) (3), en Afrique Orientale britannique (G. T. Prior, 1903) (4).

Au Cameroun, j'ai trouvé des laves de même genre, caractérisées par une structure exceptionnelle marquée par des associations sphérolitiques des minéraux ferromagnésiens.

Le Mont Mba Nsché (ou Pandé, dit encore Mont Donkou) forme un petit massif allongé Nord-Sud, de 3 km de long, situé dans la plaine Tikar, au Sud de Mayo Darlé (long. E. Greenw. 11° 25′ 50″; lat. N 6° 22′ 50″).

Il est constitué par un granite à grain moyen, à riebeckite et ægyrine, parfois à cossyrite, appartenant aux formations plutoniques de la « Série Ultime », d'âge Précambrien Supérieur.



LN X 95

(1) *In* J. Duchesne-Fournet, *Mission en Ethiopie*, 11, 1901-1903, p. 1909.
(2) *Mém. Soc. géol. Fr.*, nouv. série, 6., mém. 14, p. 80 à 102.
(3) *In* M. Dalloni, *Mém. Acad. Sc.*, 61, 1934, p. 183.
(4) *Min. Mag.*, London, 13, 1903, p. 228.

Sur sa face Est, il est flanqué d'un petit chaînon formé de laves volcaniques de couleur sombre : gris, vert, bleu noir ou violacé, à texture compacte, parfois fluidale ou bréchique.

Au pied du chaînon se trouve une roche compacte, vert foncé, ayant l'apparence d'une dolérite.

C'est une rhyolite à ægyrine, passant à un microgranite.

Au microscope sa structure est trachytique; les microlites d'orthose (0,04 à 0,08 mm) sont mêlés à de petits grains d'ægyrine (0,02 à 0,4 mm) et à de rares grains de cossyrite et de riebeckite. Les phénocristaux sont rares, on a observé quelques cristaux de feldspath potassique, de quartz et d'une amphibole sodique (brunâtre au centre et vert foncé sur les bords).

En montant vers le sommet du chaînon on rencontre une lave compacte bleu vert, à phénocristaux de quartz, constituant d'importantes coulées ou des filonnets lenticulaires dans la lave précédente.

C'est une rhyolite à riebeckite.

La structure de cette lave est particulièrement curieuse : dans un fond vitreux, recristallisé, à cristaux de quartz globulaire « fantomatiques » (ghost like) se trouvent de nombreuses aiguilles bleu vert à vert pâle de riebeckite, de 0,05 à 0,2 mm de long sur 0,002 mm de large. Ces aiguilles, très abondantes, sont groupées en sphérolites enchevêtrés.

On y trouve quelques cristaux plus gros d'ægyrine et quelques phénocristaux de quartz et de feldspath potassique.

Par altération cette lave prend une teinte violacée et une apparence fluidale; les minéraux ferromagnésiens sont totalement altérés et transformés en petites baguettes ferrugineuses.

Un échantillon caractéristique des deux laves acides du Mont Mba Nsché a été analysé par J. Patureau.

	PK. 53.114 Pantellérite à ægyrine.	PK. 53.108 Pantellérite à riebeckite.
SiO_2	62,20	72,15
Al_2O_3	12,10	7,80
Fe_2O_3	6,95	3,85
FeO	3,90	4,40
MgO	0,25	0,40
CaO	0,93	0,55
Na_2O	4,10	4,75
K_2O	6,30	3,60
TiO_2	0,70	0,40
P_2O_5	0,11	traces
MnO	0,42	0,22
S en SO_3	–	0,39
H_2O^+	0,80	0,90
H_2O^-	0,70	0,20
TOTAL	99,46	99,61

Les paramètres C.I.P.W. — A. Lacroix de la roche PK. 53.114 sont

II.4'.1.'3.

Ils correspondent à ceux d'une rhyolite hyperalcaline, sodopotassique, pauvre en quartz, proche d'un trachyte quartzifère. Le pourcentage des minéraux ferromagnésiens est très élevé $\Sigma b = 20,1\ \%$, cette lave appartient au groupe des pantellérites à ægyrine.

Les paramètres de la roche PK. 53.108 sont

II.3.1.3 ($\Sigma b = 23,5\ \%$).

Comparable à la précédente, cette roche est plus riche en quartz, elle appartient au groupe des pantellérites à riebeckite.

Le massif de Mba Nsché, formé de roches grenues et volcaniques hyperalcalines dont la composition minéralogique est souvent identique pose des problèmes génétiques très intéressants qui seront étudiés dans une publication ultérieure.

PALÉONTOLOGIE. — *Une nouvelle mandibule d'*Atlanthropus *du gisement de Ternifine*. Note de M. **Camille Arambourg**, présentée par M. Pierre Pruvost.

De nouveaux restes d'*Atlanthropus* ont été découverts au cours des fouilles de Mai-Juin derniers [1], dans le gisement de Ternifine. Les pièces principales sont : une troisième mandibule et un pariétal droit qui constitue le premier document cranien relatif à cet Hominien fossile. L'une et l'autre proviennent du fond argileux de l'ancienne cuvette lacustre et appartiennent, par suite, aux niveaux les plus anciens du gisement où elles étaient accompagnées de nombreux bifaces chelléoacheuléens en quartzite, calcaire et grès, ainsi que d'une abondante faune fossile.

La mandibule est à peu près complète; elle comprend le corps mandibulaire avec les deux branches montantes et toute la série dentaire droite, sauf I_1, ainsi que la série P_4-M_3 du côté gauche. La robustesse de cette pièce correspond à celle d'*Atlanthropus* I, mais ses dimensions absolues sont encore plus considérables et dépassent de beaucoup celles du Sinanthrope mâle G1 : elles sont du même ordre que celles de *Paranthropus crassidens*.

Cette mandibule est, en outre, particulièrement remarquable par le développement de ses branches montantes dont la largeur, et surtout la hauteur, dépassent notablement celles de l'*Atlanthropus* II, du Sinanthrope mâle G1 et de la mandibule de Mauer. L'angle mandibulaire est aussi plus ouvert que chez ces derniers. La région angulaire est peu saillante, contrairement à ces mêmes

(1) *Comptes rendus*, 241, 1955, p. 431-433.

fossiles, avec son profil tronqué comme celui de certains Anthropomorphes; sont bord épaissi est légèrement éversé et borde une fosse massétérienne large et profonde.

Les apophyses coronoïdes sont fortement saillantes au-dessus des condyles et l'échancrure sigmoïde étroite et profonde.

Les branches horizontales sont remarquables par leur hauteur et par leur épaisseur, qui dépassent celles de l'*Atlanthropus* I, ainsi que par le développement de leur torus marginal et des tubercules marginaux antérieurs. Les trous mentonniers sont au nombre de 3 à gauche et de 2 à droite. Les faces linguales présentent, comme chez *Sinanthropus*, et contrairement aux *Atlanthropus* I et II, un torus mandibulaire discontinu au niveau du bord alvéolaire.

La région symphysaire, un peu rétrécie par suite d'une légère projection du massif incisivo-canin, est fuyante. Elle présente, ventralement, une échancrure sous-mentonnière en accent circonflexe et, frontalement, un léger trigonum mentale comme celui d'*Atlanthropus* II et des *Sinanthropus*. Sur sa face linguale, le plan alvéolaire est court, étroit, un peu concave; il surmonte une légère fossette génioglosse et une épine sous-mentale.

Les fosses digastriques, larges, n'intéressent que la face ventrale du corps mandibulaire. Cette disposition, qui rappelle celle des Anthropomorphes, diffère de celle d'*Atlanthropus* II, mais est conforme à celle des autres Pithécanthropiens.

Toutes les surfaces d'insertions musculaires ou ligamentaires, aussi bien sur le corps mandibulaire que sur les branches montantes, sont fortement saillantes et rugueuses. Elles correspondent à une puissance masticatrice particulièrement développée, en rapport avec la taille exceptionnelle et la robustesse de ce sujet.

Mensurations principales comparées.

	Atlanthropus.			*Sinanthropus.*	
Mandibules.	I.	II.	III.	G I.	H I.
Longueur totale	110	110	129	103	94
Largeur bicondylienne externe	–	–	158	150	105
Hauteur du corps après M_1	35	34	38	34	26
Épaisseur » »	19	16	20	16,4	15,4
Hauteur de la symphyse	39	35	39	40	31,5
Angle alvéolo-symphysaire	62°	64°	70°	59°	60°,5
Hauteur de la branche montante	–	72	93	74	61
Largeur » »	–	45	48	40	39
Angle mandibulaire	–	98°	111°	97°	108°
Longueur P_3-P_4	17	18	18	18	13
Longueur M_1-M_3	39	42	37	38	33
Diamètre de la canine	7,5×9 (alv.)	7×10	8×11	9×10,4	8,5×8,7
Largeur de I_2	5,6	–	5,5	6,4	–

La denture, macrodonte est du même type général que celle des autres Pithécanthropiens. Toutefois la dernière molaire est un peu plus réduite que celles d'*Atlanthropus* I et II. D'autre part la légère projection du massif incisivo-canin, due surtout au développement des canines, donne à l'arc dentaire de cet individu, une forme un peu plus allongée que celle de ses congénères.

Ce nouveau spécimen complète les indications fournies par la découverte des deux premiers et, malgré quelques différences individuelles, corrobore leur attribution au groupe des Pithécanthropiens. Il montre, en outre, chez les représentants africains de ce groupe, une diversité et une tendance au gigantisme comparables à celles de leurs contemporains asiatiques.

GÉOPHYSIQUE. — *L'influence sur les enregistrements de sondages ionosphériques de la couche* E, *du niveau de séparation des régions de propagation quasi longitudinale* (*Q. L.*) *et quasi transversale* (*Q. T.*). Note (*) de M. **Dimitri Lepechinsky**, présentée par M. Pierre Lejay.

La présence de chocs entre électrons et molécules neutres ou ions et du champ terrestre conduit à distinguer dans l'ionosphère deux régions où les conditions de réflexion sont nettement différentes ([1]) : l'inférieure, à nombre de chocs élevé, où la propagation est du type « quasi longitudinal » (Q. L.) et la supérieure où elle est du type « quasi transversal » (Q. T.). La limite des deux régions pour un sondage vertical se situe à une altitude telle que la condition

$$\nu = \nu_c = \frac{p_H \cos^2\theta}{2 \sin\theta}, \tag{1}$$

où ν est le nombre de chocs par seconde, $p_H = 2\pi f_H$ où f_H est la gyrofréquence (environ 1,2 Mc/s) et θ est l'inclinaison du champ terrestre, soit satisfaite.

Pour la France, θ = environ 65° et le nombre de chocs ν atteint la valeur critique ν_c à environ 95 km d'altitude. En supposant la répartition de la densité électronique de la couche E symétrique de part et d'autre du niveau d'ionisation maximum, les enregistrements de sondages de cette couche seront affectés différemment suivant la position du maximum d'ionisation par rapport au niveau de séparation des régions Q. L. et Q. T. lequel est, rappelons-le, indépendant de la fréquence et entièrement déterminé par le nombre de chocs et l'inclinaison du champ terrestre.

a. Si la couche E a son maximum d'ionisation au-dessus du niveau de séparation XY des régions Q. L. et Q. T., toutes les fréquences de l'onde « ordi-

(*) Séance du 26 septembre 1955.

([1]) *Comptes rendus*, 240, 1955, p. 333.

naire » comprises entre

$$f_L = \frac{1}{2}\left(-f_H + \sqrt{f_H^2 + \frac{4N_L}{1,24.10^4}}\right) \tag{2}$$

et

$$f_T = \sqrt{\frac{N_L}{1,24.10^4}}. \tag{3}$$

(f_L et f_T étant en Mc/s et N_L en électrons par centimètre cube), sont réfléchies au niveau de séparation XY où la densité électronique est $N_L < N_{max}$ en raison de la discontinuité de l'indice. La fréquence critique ordinaire de E est alors réfléchie suivant le mode Q. T. et l'évaluation de N_{max} doit être effectuée par la relation classique

$$N_{max} = 1,24.10^4 f_c^2. \tag{3'}$$

Toutefois, de f_L à f_T le sondage ionosphérique doit accuser un niveau de hauteur virtuelle h' pratiquement constant.

b. Si la couche E a son maximum d'ionisation à l'altitude du niveau de séparation XY des régions Q.L. et Q.T., toutes les fréquences de l'onde « ordinaire » comprises entre f_L et f_T évaluées d'après les relations (2) et (3), où $N_L = N_{max}$ sont réfléchies au niveau du maximum d'ionisation de la couche et doivent accuser un retard considérable. De f_L à f_T le sondage ionosphérique doit donc présenter un « trou » (absence de traces), l'ionosphère supérieure ne devant apparaître qu'au-delà de la fréquence f_T.

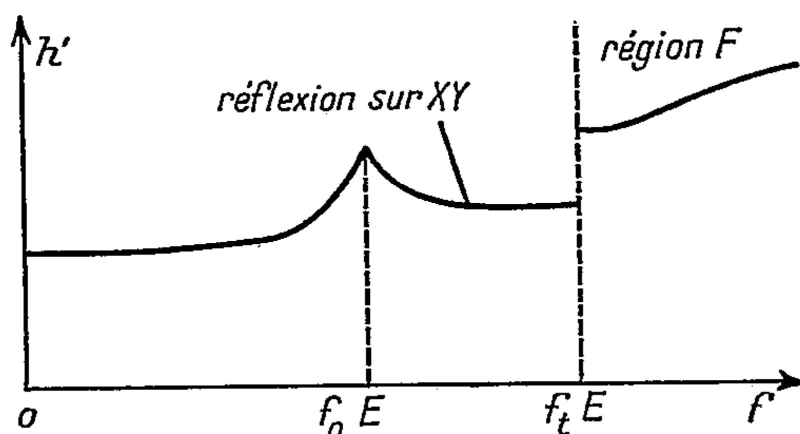


Fig. 1.

c. Si la couche E a son maximum d'ionisation peu au-dessous du niveau de séparation XY, la trace du sondage de la couche doit présenter pour l'onde « ordinaire » un point de rebroussement à tangente presque verticale au droit de la fréquence critique f_0E qui correspond à la relation (2), où N_L doit être remplacé par N_{max}, tandis que la fréquence extrême f_TE de la trace de E doit correspondre à la relation (3) où $N_L < N_{max}$ est la densité électronique du niveau de transition XY qui réfléchit toutes les fréquences comprises entre f_0E et f_TE (*fig*. 1). L'ionosphère supérieure à la couche E est évidemment occultée jusqu'à la fréquence f_TE dont la valeur maximum est donnée par la relation (3) où l'on remplace N_L par N_{max}.

d. Si la couche E a son maximum d'ionisation bien au-dessous du niveau de séparation XY, la trace de δE redevient normale (c'est-à-dire sans point d'inflexion). Toutefois, l'évaluation de N_{max} à partir de la f_0E doit s'effectuer suivant la relation (2) et non pas (3).

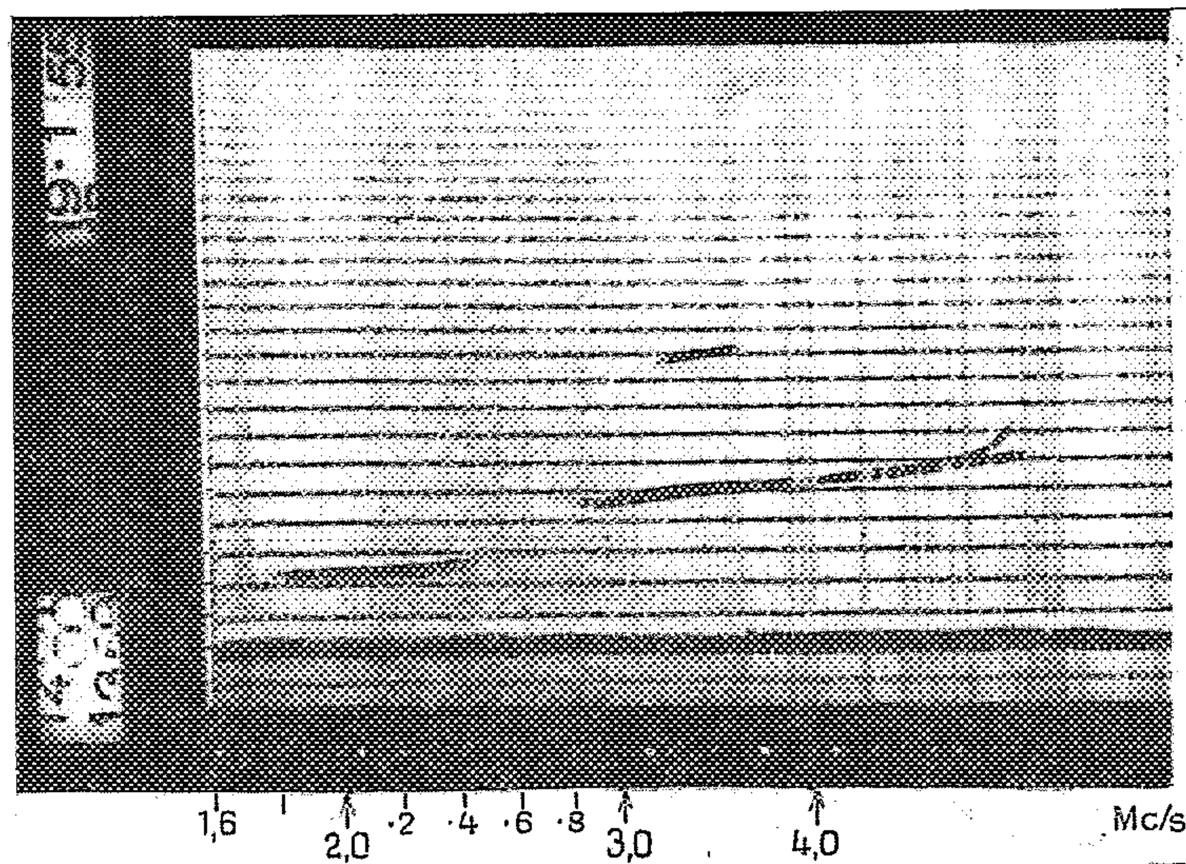


Fig. 2. — Trou.

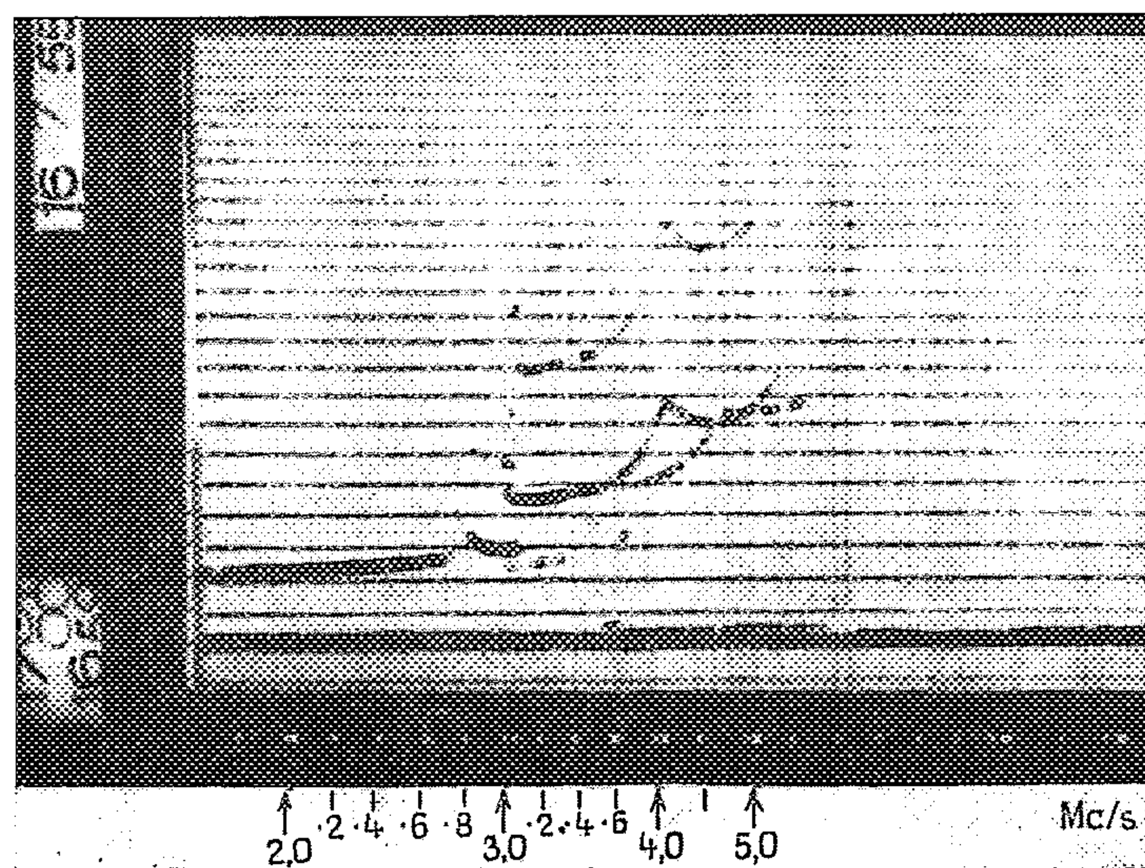


Fig. 3. — Point de rebroussement.

L'évaluation de N_{max} pour la couche E pourra aussi être faite en remarquant que l'écart entre la f_0E et la f_xE est approximativement égal à $f_H/2$ dans le cas Q. T. (cas *a* ci-dessus) et à environ f_H dans les cas Q. L. (cas *c* et *d* ci-dessus).

Dans le cas *b* cette évaluation doit évidemment conduire au même résultat à partir des fréquences f_L et f_T limitant le « trou », les relations applicables étant respectivement (2) et (3), où $N_L = N_{max}$.

Nous donnons dans les figures 2 et 3 des enregistrements de sondage effectués à Poitiers mettant nettement en évidence le « trou » correspondant au cas *b* et le point de rebroussement correspondant au cas *c*.

GÉNÉTIQUE. — *Action des rayons* X *sur* Crepis Zacintha *L. Babc. : Influence de différents facteurs sur le taux de léthalité cellulaire produit par les rayons* X. Note de M. **André Bilquez**, présentée par M. Raoul Combes.

Des graines de *Crepis Zacintha* L. Babc., ayant des teneurs en eau différentes ont été soumises à l'action des rayons X. Le matériel irradié a été mis à germer à des températures variables. Les études cytologiques, faites au stade de la première division de germination, montrent que la sensibilité vis-à-vis des rayons X varie fortement selon les conditions d'expérience.

Des graines de *Crepis Zacintha* L. Babc. ayant même génotype et même âge ont été soumises à l'action des rayons X. Ceux-ci ont été produits à l'aide d'un appareil 175 kV, 15 mA. Les graines traitées ont été mises à germer en boîte de Pétri humide à des températures contrôlées. Les racines formées ont été prélevées et fixées au stade correspondant à la première division de germination et étudiées cytologiquement. L'étude cytologique a consisté dans l'évaluation du taux des cellules montrant des brisures chromosomiques ou des échanges asymétriques entre chromosomes, phénomènes considérés comme devant être léthaux pour les cellules qui les manifestent.

On s'est attaché à examiner l'influence de deux facteurs : la teneur en eau des graines au moment du traitement et la température à laquelle s'est faite la germination.

Influence de la teneur en eau des graines au moment du traitement. — Les résultats obtenus confirment ceux déjà observés par d'autres auteurs avec d'autres plantes. La sensibilité vis-à-vis des rayons X, des graines prégermées est beaucoup plus élevée que celle des graines irradiées en état de dormance. Chez ces dernières la sensibilité vis-à-vis des rayons X est d'autant plus accusée que la teneur en eau des graines au moment du traitement est plus élevée.

Influence de la température de germination. — La température de germination a une influence très marquée dans le cas des graines sèches. La dose de radiation nécessaire pour entraîner une léthalité cellulaire de 50 % passe approximativement de 45 000 r à 13° à 60 000 r à 21° et 80 000 r à 28°.

La température de germination a une influence extrêmement faible dans le cas des graines humides. La dose de radiation nécessaire pour entraîner une léthalité cellulaire de 50 % est approximativement de 45 000 r à 13° et 55 000 r à 28°.

Température de germination (° C).	Dose d'irradiation en *r*.	Nombre de cellules examinées.	Nombre de cellules anormales.	% d'anomalies.
Graines irradiées en état de dormance (teneur en eau 5 %).				
28	0	307	0	0
	48 000	201	46	22
	64 000	174	54	31
	72 000	436	179	39
	80 000	347	165	47
21	0	272	0	0
	48 000	554	215	38
	56 000	473	204	43
	64 000	224	107	47
	72 000	448	261	58
13	0	111	0	0
	48 000	243	135	55
	56 000	182	111	60
Graines irradiées en état de dormance (teneur en eau 15 %).				
28	0	210	0	0
	32 000	336	78	23
	40 000	244	95	38
	48 000	537	257	47
	56 000	272	159	58
	72 000	366	279	76
21	0	254	0	0
	24 000	367	67	18
	48 000	448	227	50
	56 000	284	198	70
	64 000	518	395	76
	72 000	262	208	79
13	0	157	0	0
	48 000	233	155	66
	56 000	199	144	70
	72 000	164	135	82
Graines prégermées (teneur en eau 25 %).				
21	0	189	0	0
	3 150	290	164	56
	4 200	250	164	65
	6 300	303	216	71
	10 500	183	154	84
13	0	191	0	0
	3 150	196	106	54
	4 200	241	165	68
	6 300	245	187	76
	10 500	164	149	90

La température de germination n'a aucune influence sur le taux de léthalité cellulaire produit par l'irradiation dans le cas des graines prégermées.

CHIMIE AGRICOLE. — *Une étude du blé punaisé.*

Note (*) de M. **Georges Lejeune**, présentée par M. Marcel Delépine.

Le blé atteint de la piqûre de la punaise donne une farine inutilisable pour la panification par suite de la chute importante de la résistance du paton. Ce fait est d'autant plus important que cette chute s'observe déjà avec 5 % seulement de grains punaisés si la piqûre est particulièrement virulente.

Comme on admet généralement que les propriétés mécaniques de la farine sont en première ligne fonction du gluten, il nous a semblé intéressant d'étudier la répartition des matières azotées entre produits de dégradation solubles dans les solutions salines, gliadine soluble dans l'alcool à 70° et glutéline insoluble et ceci aussi bien dans les grains sains que dans les grains attaqués par la punaise.

La punaise ayant absorbé une partie de l'amande, les grains attaqués sont plus ou moins déformés et ceci se traduit par une diminution du poids moyen des grains : sur un de nos échantillons cette baisse de poids est de 23 % environ.

Il n'est donc pas étonnant que la teneur en azote total varie puisque l'amande est plus riche en matières azotées que l'écorce. La baisse d'azote total varie, suivant les échantillons, de 8 à 20 % et même 25 %, ce qui correspond à des degrés d'attaque différents.

Mais ce qui nous semble plus important encore c'est que la répartition des fractions azotées est encore plus perturbée : nous avons en effet constaté dans les grains punaisés une augmentation très importante des produits de dégradation aux dépens principalement de la gliadine qui accuse une baisse de 50 à 70 %, ce taux de dégradation doit être fonction de la période d'attaque de la punaise et du degré de maturation du grain.

Comme les propriétés du gluten sont fonction du rapport gliadine/glutéline, on comprend fort bien dans ces conditions l'effondrement des propriétés mécaniques, à tel point qu'il est impossible de séparer de l'amidon le gluten qui n'a plus aucune cohésion.

Par contre, on comprend mal qu'un faible pourcentage de grains attaqués puisse avoir une répercussion aussi importante puisque le rapport gliadine/glutéline est peu changé avec 15 % de grains attaqués.

On admet généralement que cette action importante serait due à l'action diastasique de la salive que la punaise a laissée dans le grain, diastases qui agi-

(*) Séance du 26 septembre 1955.

raient pendant la période de maturation du paton et produiraient une hydrolyse des matières azotées. Cette action qui doit se produire, dans l'essai Chopin, pendant la maturation du paton, nous a conduit à étudier la variation possible de la répartition des matières azotées sur la farine empâtée normalement et maintenue pendant 4 h à 35°. Or, nous n'avons décelé aucune variation sensible de la composition pendant cette période et nous pensons donc que l'on ne peut pas expliquer par un processus d'hydrolyse diastasique l'effondrement des propriétés mécaniques de la farine.

Nous avons donc été amené à chercher dans une autre voie : la formation du gluten par soudure des matières azotées entre elles demande le travail mécanique de la pâte, cette agglomération ne se produisant pas lorsque l'on dilue la farine dès le départ avec suffisamment d'eau.

Avec les grains totalement punaisés, cette agglutination donne un gluten sans aucune consistance et ce gluten se redisperse dans l'eau. Nous avons donc cherché à mettre en évidence la formation de complexes d'association en comparant la répartition des matières azotées dans le blé sain et le gluten correspondant d'une part, entre le blé punaisé à 15 % et le gluten correspondant d'autre part.

Les premiers essais effectués dans ce sens nous conduisent à l'observation suivante :

Dans le gluten de blé sain, une grosse partie des produits de dégradation est fixée par le complexe gliadine/glutéline tandis qu'il semble qu'il n'y ait aucune fixation dans le cas du blé punaisé à 15 % et que les produits de dégradation non retenus ne peuvent ainsi contribuer à la cohésion nécessaire.

Nous cherchons actuellement à mettre en évidence une différence entre ces fractions par étude chromatographique.

PHYSIOLOGIE. — *De l'action commune, ostéogène et lipotrope, de la choline et du lactose.* Note de M. **Paul Fournier**, présentée par M. Robert Courrier.

L'examen, sous l'angle nutritionnel, des rôles respectifs du lait et de l'oeuf, conduit à imaginer, puis à montrer que la choline manifeste des propriétés ostéogènes. Le fait que la choline et le lactose possèdent en commun des propriétés ostéogènes et lipotropes peut fournir des indications sur le mécanisme de l'action lipotrope de la choline.

La configuration variée des glucides de structure dont le type est le lactose, la très forte teneur de l'osséine en glycocolle nous ont permis de formuler l'hypothèse selon laquelle les glucides de structure favorisent l'ossification en qualité de précurseurs du glycocolle [1]. Cette hypothèse reçoit un appui

---

(1) *Comptes rendus*, 240, 1955, p. 1364.

expérimental du fait que l'acide glycolique, précurseur connu du glycocolle, possède le même pouvoir ostéogène que le lactose ([2]).

L'étude présente des effets sur l'ossification d'un composé sans affinités apparentes, chimiques ou physiologiques, avec les glucides de structure découle des considérations nutritionnelles suivantes. Le lait est, pendant un long temps, la nourriture exclusive du petit de Mammifère; dans le lait existe un principe, le lactose, doué de remarquables propriétés ostéogènes. Il est un autre aliment, et un seul, qui, vis-à-vis du jeune Vertébré, mais dans une autre Classe, tient un rôle semblable à celui que le lait joue à l'égard des Mammifères. Il s'agit de l'oeuf qui, pendant quelques semaines subvient, à lui seul, à tous les besoins nutritifs du jeune Oiseau. Nous avons pensé qu'il doit se trouver dans l'oeuf un équivalent physiologique du lactose, c'est-à-dire un corps spécialement actif sur l'ossification. Des travaux antérieurs nous ayant montré que la condition osseuse n'est que secondairement influencée par l'apport alimentaire calcique ou protidique ([3]), nous ne retiendrons que le jaune de l'oeuf pour constater qu'un lipide particulier, la lécithine, y existe à un taux beaucoup plus élevé que dans toute autre production animale. Ces diverses observations conduisent à l'essai du pouvoir ostéogène du corps qui fait l'originalité de la molécule de lécithine, la choline.

Des rats albinos de 50 g sont répartis en lots de six lots animaux. Les rats du lot I reçoivent un régime témoin de composition centésimale suivante : amidon, 81,5; caséine, 4; huile d'arachide, 8; levure sèche, 3; mélange salin, 3 ([4]); O_2Ti, 0,5. Le régime des animaux des autres lots ne diffère du précédent que par la substitution, à une proportion équivalente d'amidon, de 12 % de lactose (lot II) ou de 2 % de chlorure de choline (lot III).

Dès le troisième jour d'expérience, les fèces et les urines de chaque animal sont recueillies séparément et analysées. Pour chaque lot, les quantités journalières moyennes de calcium ingéré, absorbé et éliminé par l'urine sont déterminées. On déduit de ces valeurs la quantité de calcium fixé et le coefficient d'utilisation, rapport du poids de calcium fixé au poids de calcium ingéré. Ces divers résultats figurent dans le tableau.

		Ca (mg/jour)				Coefficient d'utilisation
Lot.	Régime.	ingéré.	absorbé.	urinaire.	fixé.	(%).
I....	Témoin (amidon)	44	9,5	0,2	9,3	21
II....	Lactose 12%	43	16,6	0,7	15,9	37
III....	Chlorure de choline 2%	45	18	0,5	17,5	39

L'activité ostéogène commune du lactose et de la choline apparaît dans le

([2]) *Comptes rendus*, 240 1955, p. 2555.
([3]) *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 270.
([4]) *Comptes rendus*, 239, 1954, p. 304.

fait que l'introduction de ces composés dans le régime des animaux provoque une exaltation semblable des échanges calciques. En comparaison des rats témoins, les animaux qui reçoivent de la choline ou du lactose absorbent plus de calcium, en éliminent davantage par l'urine, mais en définitive, utilisent une beaucoup plus forte proportion de calcium de leur ration.

L'identité de l'action du lactose et de la choline à l'égard de l'ossification n'est-elle pas l'indice d'une communauté fonctionnelle plus étendue ? L'étude bibliographique de cette question montre en effet que le lactose semble jouir, dans une certaine mesure, des propriétés lipotropes de la choline. Des rats adultes auxquels est administré, depuis leur jeune âge, un régime contenant 30 % de lactose renferment moins de lipides que des rats dont le régime ne contient pas de lactose ([5]). L'introduction, dans le régime de jeunes rats, de lactose, à la place de saccharose, a les mêmes effets qu'une administration de choline : la teneur du foie en lipides est abaissée, tandis que sa concentration en lécithine s'élève ([6]).

Pas plus que pour la choline, les raisons de l'action lipotrope du lactose ne sont connues. On sait cependant que l'on peut faire subir à la molécule de choline des modifications notables portant sur diverses substitutions de ses radicaux méthyles sans lui faire perdre ses propriétés lipotropes. Si l'action physiologique de la choline doit être rapportée à une constitution chimique précise, ce n'est donc pas vers l'éventail méthylé de sa molécule qu'il faut diriger les recherches, mais vers le reste de la molécule, reste qui n'est pas sans analogie avec le glycocolle. Cette suggestion trouve un certain appui dans le fait que la choline et le lactose possèdent des propriétés ostéogènes communes, propriétés que nous avons rapportées, en ce qui concerne le lactose, à la faculté qu'aurait ce glucide de fournir du glycocolle ([1]).

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Fractionnement du contenu des mitochondries hépatiques en vue de la purification de quelques enzymes.* Note de Mme **Louise Harel** et Mlle **Arlette Jacob**, présentée par M. Maurice Lemoigne.

On a mis au point une technique de fractionnement du contenu des mitochondries hépatiques livrant des fractions de composition remarquablement constante. L'une, pauvre en lipides, représente 35 % des protéines mitochondriales et contient des protéines-enzymes qui seront ultérieurement isolées. Un autre, riche en lipides a une activité succinodéshydrogénase élevée.

On a souvent utilisé des suspensions de mitochondries hépatiques pour étudier les systèmes enzymatiques qui s'y trouvent localisés : succinodéshydrogénase, cytochromoxydase, oxydase des acides gras, cyclophorase de Green,

---

([5]) E. Whittier, C. Cary et N. Ellis, *J. Nutrition*, 9, 1935, p. 521.
([6]) C. Artom et W. Fishman, *J. Biol. Chem.*, 170, 1947, p. 587.

etc. Cependant, on pouvait se demander : s'il était nécessaire de respecter la structure des mitochondries pour préserver l'activité de certains enzymes comme l'ont admis J. H. Quastel et B. M. Braganca (1) et si, étant donné la richesse des mitochondries en lipides et plus particulièrement en phosphoaminolipides (PAL), certains enzymes n'étaient pas de nature lipoprotéique, c'est-à-dire ne pouvaient fonctionner que lorsque la protéine était liée aux lipides.

Dans un premier travail nous nous sommes efforcées d'obtenir des préparations pures de mitochondries et de les fractionner par des techniques assez douces pour isoler les divers systèmes enzymatiques.

Obtention des fractions. — Par une méthode rapide que nous avons mise au point (2) nous obtenons les mitochondries à partir de foie de rats Wistar, adultes, soumis au régime standard équilibré, et *non à jeun*. Ces mitochondries (P_1) sont exemptes de microsomes et ont une composition remarquablement constante. Elles sont mises en suspension dans le saccharose à 34 %, congelées — 37°C, décongelées brusquement et la suspension est ramenée à 8,5 % de saccharose. On homogénéise pour faciliter la solubilisation et la dispersion des parties « plasmolysées ».

Une première centrifugation de 10 mn à 8500 g donne un culot P_2 et un surnageant S_2 qui, soumis à une seconde centrifugation de 20 mn à 8500 g donne le culot P_3 et un surnageant S_3. La centrifugation de ce surnageant à 40000 g pendant 30 mn donne le culot P_4 et le surnageant S_4. Sur ces diverses fractions, on dose l'azote total, les lipides totaux et les PAL par le phosphore. Sur certaines d'entre elles l'activité de la succinodéshydrogénase est déterminée en présence de bleu de méthylène ou de cytochrome *c*, dans les conditions fixées par W. L. Schneider et V. P. Potter (3).

Résultats (*voir* tableau). — 1° Les rapports $R =$ lipides totaux/N total $\times 6,25$ et $p =$ PAL/N total $\times 6,25$ sont *constants* d'une expérience à l'autre pour les diverses fractions examinées.

2° Dans les mitochondries initiales ou dans les culots P_2, P_3, P_4, les PAL forment toujours la moitié des lipides totaux. Rappelons que si le Rat a jeûné 24 h la proportion des PAL atteint 75 % (4).

3° Les culots P_2 et P_3 ont la même constitution et sont plus riches en lipides que P_1. Éclatées ou non, les mitochondries ont abandonné au cours du traitement les mêmes proportions de protéines ou de lipoprotéines et il en reste une fraction plus légère (culots P_2 et P_3) qui sédimente plus lentement que les mitochondries intactes.

(1) *Feder. Proc.*, 11, 1952, p. 272.
(2) Mémoire sous-presse.
(3) *J. Biol. Chem.*, 149, 1943, p. 217.
(4) J. Chauveau et coll., *Arch. Sci. Physiol.*, 5, 1951, p. 305.

Expérience.	P1 = mitochondries intactes. Lip. tot. / N × 6,25	PAL / N × 6,25	P2 R.	P2 p.	P3 R.	P3 p.	P4 R.	P4 p.	N du surnageant / N total.
I.........	0,32	0,15	0,48	0,25	–	–	–	–	–
II........	0,33	0,17	0,48	0,23	–	–	–	–	0,35
III........	0,32	0,14	–	–	0,50	0,24	1,20	0,55	0,40
IV........	0,31	–	0,53	–	0,53	–	0,90	–	–
V........	0,31	0,17	0,43	0,20	0,35	0,20	0,80	0,44	0,34
VI........	0,31	0,16	0,39	0,22	0,51	0,28	1,17	0,58	0,35
Moyenne.	0,32	0,16	0,46	0,22	0,47	0,24	1,02	0,52	–

4° Le culot P_4 est particulièrement riche en lipides, ceux-ci forment 50 % de son poids. Cette fraction manifeste une forte activité succinodéshydrogénase qui, rapportée à l'azote, est trois fois plus grande que celle des mitochondries, elle contient également de la cytochromoxydase. Ce fractionnement constitue une première étape de la purification de la succinodéshydrogénase. Ces résultats peuvent être rapprochés de ceux obtenus par D. E. Green ([5]) avec les mitochondries du cœur de bœuf. Le culot P_4 représente au maximum 10 % du contenu mitochondrial, le rendement en lipoprotéines libérées est donc faible. Au contraire, le surnageant S_4 contient une part importante des protéines de la mitochondrie (35 %), et il est dépourvu de succinodéshydrogénase. Il contient sans doute des protéines-enzymes dont la détermination fait l'objet des recherches en cours.

PATHOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Sur les modifications apportées à une solution de collagène* A *par la mise en jeu de différents facteurs physiques et chimiques.* Note de M. **Albert Delaunay**, M[lles] **Suzanne Bazin** et **Michelle Hénon**, transmise par M. Gaston Ramon.

Notre matériel d'étude, c'est-à-dire la solution de collagène A, avait été préparé selon les conditions indiquées dans une Note antérieure ([1]).

Influence du pH. — Le pH de la solution de collagéne A oscille normalement entre 4,3 et 4,5. Aux pH 2,5 et 3,5 (ajustement par le ClH), la solution ne change pas d'aspect mais, avec elle, il devient impossible d'obtenir un précipité de collagène quand on ajoute du ClNa (0, 427 M). Traitée par des doses progressivement croissantes de OHNa $n/10$, la solution devient plus visqueuse (pH : 4,9) puis donne une masse gélifiée assez abondante (pH : 5,55 à 7).

([5]) *Biochem. Biophys. Acta*, 14, 1954, p. 295.

([1]) *Comptes rendus*, 241, 1955, p. 726.

Influence de la chaleur. — Chauffage de la solution au bain-marie entre 37 et 56° pendant des durées variables (de 3 mn à 20 h). En tous cas, aucune modification apparente mais la solution chauffée, mise secondairement en présence de ClNa, peut se comporter de façon tout à fait anormale. En règle absolue, on peut dire que le chauffage supprime la précipitation saline ou, du moins, diminue son intensité. Nous avons pu déterminer une *température critique :* 40°; une solution de collagène A maintenue 3 mn à 40° puis refroidie brusquement ne donne plus aucune précipitation en présence de ClNa (0,427 M). Cependant, une précipitation est obtenue avec la même concentration de ClNa quand le refroidissement de la préparation a été lent ou, après refroidissement rapide, quand on ajoute une dose supérieure de sel (0,85 M ou 1,7 M). Des solutions de collagène A, ajustées à des pH plus acides (entre 2 et 3,6) se comportent, après avoir été maintenues à 40° pendant 3 mn, comme les solutions de pH normal. En revanche, aux pH > 5, les solutions de collagène A pareillement chauffées, deviennent non seulement visqueuses, mais elles donnent aussi spontanément des fibrilles. Le précipité sel-collagène chauffé 3 mn à 40° ne se dissout pas. A 48° et au-dessus, la dissolution est totale et rapide. Toutefois, 24 h plus tard, il n'est pas exceptionnel de trouver dans le tube un louche très léger.

Inhibition des précipitations salines ou dissolution des précipités déjà formés par des oses ou des sels.

Modifications apportées par des oses
à la précipitation du collagène A par les sels.

Nature du sel.	Concentration en sel.	Oses étudiés. Xylose.	Glucose.	Fructose.	Galactose.	Maltose.	Saccharose.
ClNa.	0,427 M....	o	o	o	o	o	o
	0,854 M....	–	+++	+++	+++	+++	+++
BrNa.	0,085 M....	–	o	o	+++ (retard)	+++ (retard)	+++ (retard)
	0,427 M....	±	o	±	+	+++	+
	0,854 M....	o	o	o	o	o	o
INa.	0,0427 M...	o	o	o	o	o	+++ (retard)
	0,085 M....	–	+++	+++ (retard)	+++	+++	+++
	0,427 M....	++	±	o	+	+	+
	0,85 M.....	o	o	o	o	o	o
Sulfate Na.	0,213 M....	o	o	o	o	+	o
	0,427 M....	++	++	o	+++	+++	+++
Salicylate Na.	0,0427 M...	o	+++ (retard)	+++ (retard)	+++ (retard)	± —	+++ (retard)
	0,427 M....	o	++	+++	+++	+++	+++

1. *Action des oses.* — Concentration des oses étudiés : au 1/10e (à cette concentration, aucun d'eux ne précipite le collagène). Dans un premier temps, l'ose est dissous dans la solution de sel puis le mélange est ajouté au collagène. Pour la nature des sels étudiés et les résultats, se reporter au tableau ci-dessus; +++ : précipitation normale; o : aucune précipitation.

Nous avons vu, par ailleurs, qu'il est presque toujours très difficile, au moyen des oses, de dissoudre les précipités salins déjà formés.

2. *Action de sels divers. a. Le cyanure de* Na (0,5 M), non seulement ne précipite pas le collagène A mais inhibe la précipitation du collagène normalement produite par le Cl Na, le Br Na, l'I Na et le salicylate de Na (mais, ici, influence possible du pH car le cyanure alcalinise très fortement les solutions salines); *b.* A dose non précipitante (0,085 M), le *tartrate acide de sodium* inhibe (même à pH 4,3) la précipitation du collagène par des doses limites de Cl Na, de $SO_4 Na_2$ et de salicylate de Na. *c.* Le $Cl_2 Ca$ (0,085 M) et le Br Li (0,213 M) abaissent la température critique du collagène.

Action de l'aldéhyde formique (pH ajusté à 4,3; concentration finale au 1/40e). Du collagène formolé prend au bout de 1 h l'aspect et les qualités d'un gel thixotrope. Le collagène formolé précipite encore en présence de sels mais il précipite moins bien.

Toutes ces données seront précisées et discutées dans un Mémoire à paraître.

A 15 h 50 m l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16 h 10 m.

L. B.

ERRATA.

(*Comptes rendus* du 1er août 1955.)

Note présentée le 25 juillet 1955, de M. *Paul Bousquet*, Étude spectrophotométrique de lames minces transparentes en incidence oblique :

Page 479, 3e ligne, *au lieu de* R_T, *lire* $R_\perp$.

(*Comptes rendus* du 8 août 1955.)

Note présentée le 1er août 1955, de M. *Roger Philip*, Changement de phase de l'onde lumineuse lors de la réflexion dans l'air sur une lame mince d'argent d'une radiation visible ou ultraviolette :

Page 561, 3e ligne, *au lieu de* Les deux courbes ci-dessous, *lire* Les deux courbes ci-dessus.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

OUVRAGES REÇUS PENDANT LES SÉANCES D'AOUT 1955

(*suite et fin*).

Ministère de la France d'Outre-Mer. *Notice sur l'amélioration de la navigabilité de la Haute-Bénoué*. Paris, Office de la recherche scientifique et technique Outre-Mer, 1955; 1 fasc. 28 cm.

Atti ufficiali dei congressi internazionali del volo verticale. Fiera di Milano, aprile 1950, Edizione a cura dell' E. A.; 1 vol. 23 cm.

Société géologique de Belgique. *Manifestation Paul Fourmarier*, organisée à l'occasion de son LXXV[e] anniversaire. Liège, 28 novembre 1954; 1 fasc. 24,5 cm.

Berthollet, le pharmacien Curaudau et l'identification du chlore, par P. LEMAY. Extrait de la *Revue d'histoire de la pharmacie*, n° 145, 1955; 1 fasc. 23 cm.

George Sand au jardin du roi. (Étienne Geoffroy Saint-Hilaire), par P. LEMAY. Extrait du *Progrès médical* n°s 15-16, 1955; 1 feuille 31 cm.

Deuxième conférence interafricaine des sols et cinquième Congrès international de la science du sol. Léopoldville, 1954, par G. AUBERT. Extrait de l'*Agronomie tropicale*. Vol. IX, n° 6, 1954; 1 fasc. 27,5 cm.

Extraits des *Comptes rendus de la deuxième conférence interafricaine des Sols. Léopoldville* (1954). N° 31 : *Cameroun. Les principaux sols formés sur roches volcaniques au Cameroun. Observations sur leur fertilité et leur exploitation agricole*, par ANDRÉ LAPLANTE et GEORGES BACHELIER. N° 51 : *Union française. La classification des sols utilisée dans les territoires tropicaux de l'Union française*, par G. AUBERT. N° 76 : *Togo. Sur la carte d'utilisation des sols et sur la carte pédologique de la boucle Ogou-Mono*, par MAURICE LAMOUROUX. N° 78 : *Afrique occidentale française. Les sols du secteur cotonnier de Haute-Volta*, par NOËL LENEUF. N° 80 : *France d'Outre-Mer. Valeur comparée des diverses méthodes de dosage des bases échangeables dans les sols tropicaux*, par Mlle BELEY, CHEMJI, NGUYEN MINH THUY. N° 86 : *Madagascar. Influence de divers peuplements de reboisement sur la régénération des sols de Madagascar*, par R. PERNET. N° 92 : *Soudan français. Les problèmes de l'utilisation des sols à l'office du Niger*, par B. DABIN. N° 94 : *Madagascar. Les cartes d'utilisation des sols à Madagascar*, par J. RIQUIER. N° 97 : *Afrique équatoriale française. Le problème de l'humus dans l'utilisation rationnelle des sols de la vallée du Niari en agriculture mécanisée (Moyen Congo)*, par J.-M. BRUGIÈRE. N° 101 : *France d'Outre-Mer. Méthode d'analyses utilisées actuellement aux laboratoires des sols de l'Idert*, par G. AUBERT, C. OLLAT, M. PINTA. N° 116 : *Afrique occidentale française. Différents processus de cuirassement en A. O. F.*, par R. MAIGNIEN; 11 fasc. 24 cm.

Extraits des *Actes et Comptes rendus du Ve Congrès international de la Science du sol*. Léopoldville, 16-21 août 1954. Vol. I, p. 103-118 : *Les sols latéritiques*, par G. AUBERT. Vol. III, p. 24-28 : *Biologie des sols forestiers du Centre et de l'Est de Madagascar*, par Y. DOMMERGUES. p. 29-32 : *État des recherches de microbiologie du sol à Madagascar*, par Y. DOMMERGUES et C. MOUREAUX. p. 33-38 : *Étude de la biologie des sols tropicaux* (*Programme de recherches*), par Y. DOMMERGUES. p. 67-70 : *Quelques aspects microbiologiques de divers sols du cristallin central de Madagascar*, par C. MOUREAUX. p. 155-159 : *Premières observations sur les relations engrais verts, engrais chimiques, en Moyenne Casamance*, par R. FAUCK. p. 376-379 : *Les facteurs et les intensités de l'érosion en Moyenne Casamance*, par R. FAUCK. Vol. IV, p. 13-18 : *Formation de cuirasses de plateaux région de Labé* (*Guinée française*), par R. MAIGNIEN. p. 19-22 : *Cuirassement de sols de Plaine-Ballay* (*Guinée française*), par R. MAIGNIEN. p. 23-27 : *Les sols subarides en A. O. F.*, par R. MAIGNIEN. p. 131-136 : *Les terres noires du Togo*, par N. LENEUF. p. 140-143 : *Les sols rouges latéritiques formés sur les basaltes anciens au Cameroun*, par A. LAPLANTE. p. 144-148 : *Les sols foncés tropicaux d'origine basaltique au Cameroun*, par A. LAPLANTE. p. 199-203 : *Description d'un sol salé rouge dans le Sud-Ouest de Madagascar*, par C. MOUREAUX. p. 204-209 : *Sur l'existence des sols latéritiques bruns à Madagascar*, par P. SEGALEN. p. 227-236 : *Formation d'une cuirasse ferrugineuse et manganésifère en région latéritique*, par J. RIQUIER. p. 303-307 : *Les argiles faiblement latéritiques à concrétions ferrugineuses de la Vallée du Niari* (*Moyen Congo*), par J. M. BRUGIÈRE. p. 447-450 : *Les sols hydromorphes d'Afrique occidentale française*, par G. AUBERT; 18 fasc. 24,5 cm.

Bulletin de l'Institut international du froid. Numéro spécial. T. XXXV, n° 4, 1955. IXe *Congrès international du froid*. Paris, 31 août-8 septembre 1955; 1 vol. 24 cm (en langues française et anglaise).



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 10 OCTOBRE 1955.

PRÉSIDENCE DE M. Louis FAGE.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. **Louis de Broglie** signale à l'Académie la présence de M. **Juan Gomez Millas**, Recteur de l'Université de Santiago du Chili. M. le Président souhaite la bienvenue à celui-ci et l'invite à prendre part à la séance.

Notice nécrologique sur Henri Dulac, *Correspondant pour la Section de Géométrie,* par M. **Gaston Julia** (*).

Notre Correspondant **Henri Dulac**, est mort à Fayence (Var), le 2 septembre dernier.

Il était né le 3 octobre 1870. A sa sortie de l'École polytechnique, en 1892, il s'oriente vers l'enseignement des Mathématiques. Agrégé en 1895, il fait un court voyage à l'étranger, puis, en même temps qu'il s'acquitte en toute conscience de ses lourdes fonctions de professeur aux lycées de Châteauroux, de Nantes et de Poitiers, il compose sur l'un des sujets qui vont fixer l'attention de toute sa vie, un premier travail qu'il présente comme thèse en 1903. Toute sa carrière dans l'enseignement supérieur va se dérouler à Grenoble, à Alger, enfin à Lyon, où il demeura 28 ans, dans la chaire de Mathématiques pures, jusqu'à sa retraite. Dans les fonctions d'examinateur qu'il joint à son enseignement, à l'École normale d'abord, puis à l'École polytechnique, comme examinateur d'admission, puis comme examinateur de sortie pour l'Analyse, il continuera de montrer les mêmes qualités professionnelles : dévouement total, bienveillance jamais lassée, compétence indiscutée, qui caractérisent déjà son enseignement.

Lorsque Henri Dulac s'oriente vers la recherche, l'étude des points singuliers des intégrales des équations différentielles vient de marquer d'éclatants

---

(*) Séance du 26 septembre 1955.

succès. Les noms de Briot et Bouquet, d'Henri Poincaré, d'Émile Picard, de Paul Painlevé, marquent les principales tendances qui se sont révélées dans cette étude. D'une part, dans le champ réel, on a exploré les environs des points singuliers les plus simples et on les a classés en *foyers*, *nœuds*, *cols*, *centres*; d'autre part, toujours dans le champ réel, on a suivi les intégrales aussi loin que possible et on a cherché à les classer suivant leur allure, à délimiter les régions que peut parcourir une même intégrale, en mettant en évidence le rôle essentiel de certaines intégrales fermées appelées *cycles limites*. Dans le champ complexe d'autre part, on a cherché aussi à classer les points singuliers, à explorer leur voisinage, à étudier l'allure des intégrales dans ce voisinage, à les prolonger analytiquement aussi loin que possible, à déterminer enfin les équations pour lesquelles les intégrales ont des points singuliers essentiels ou critiques fixes. Des méthodes très générales ont été créées, qui ont permis d'étudier les types les plus simples de singularités.

Il reste à faire une étude approfondie de ces singularités, car les possibilités déja révélées ne sont que les premières étapes d'une classification qui reste à faire et qui est indispensable pour établir une théorie bien ordonnée et cohérente; elle va faire l'objet d'efforts soutenus, où l'invention, la pénétration et aussi la persévérance d'Henri Dulac porteront de beaux fruits.

Dès ses premiers travaux, rapprochant les vues de Briot et Bouquet et de Poincaré, il montre une fois de plus la nécessité de distinguer nettement les champs réel et complexe. Il étudie, dans les deux cas, diverses variétés de *nœuds* à l'aide de formes réduites. Dans l'étude des *cols*, et pour la recherche des solutions holomorphes passant par le point singulier à l'origine, il met en évidence dans le plan complexe une infinité de *caractéristiques* (intégrales).

Dans d'autres cas, il met en évidence une solution holomorphe nulle pour $x = 0$, et en outre une infinité de caractéristiques tendant vers zéro avec x, lorsque x complexe tend vers zéro dans un certain secteur du plan.

Passant à des points plus compliqués, qu'il appelle *dicritiques*, il met en évidence des *directions singulières*. Dans un autre ordre d'idées, il précise, approfondit et complète la technique du *polygone figuratif* pour déterminer les intégrales algébroïdes qui échappent à la méthode de Briot et Bouquet. Il indique des moyens *géométriques* de les reconnaître. On obtient ainsi, pour les points singuliers très difficiles qui ont été envisagés, certains rapprochements de haute valeur avec le cas le plus simple des cols, nœuds et centres.

La recherche précédente a exigé l'établissement d'un théorème très remarquable et très utile par sa grande simplicité sur les séries de polynomes homogènes à un nombre quelconque de variables, qui définissent une fonction holomorphe autour de zéro, dès que la série converge uniformément dans le domaine D formé par les *seules valeurs réelles* et voisines de zéro des variables. Dans le champ de la représentation analytique des fonctions de plusieurs variables complexes, des théorèmes aussi utiles sont rares, et le théorème

précédent prendra place à côté de ceux, classiques, de Hurwitz, Poincaré, Cousin.

Il me reste à parler d'une recherche qui se rattache au point de vue global dans l'étude des solutions réelles des équations différentielles. On sait l'importance des cycles limites, mais on sait fort peu de chose, hors leur existence possible, sur leur détermination précise et même sur la limitation de leur nombre. Or Poincaré avait énoncé un théorème très remarquable « Les cycles limites sont en nombre fini, pourvu qu'aucun d'eux ne passe par un col », et Ivar Bendixson, dont on connaît les beaux travaux sur les points singuliers des équations différentielles, a longtemps cherché sans succès à montrer que la dernière restriction est inutile, en particulier que : « *Toute équation* $X\,dx + Y\,dy = 0$, *où* X *et* Y *sont des polynomes, ne peut avoir qu'un nombre fini de cycles limites* ». Avec une profondeur, une ténacité, une ingéniosité de moyens qu'il faut admirer, Henri Dulac, après une longue recherche, a réussi à démontrer ce théorème. C'est un des résultats les plus beaux, et probablement le plus précis que nous ayons sur les cycles limites.

Contentons-nous de citer un travail intéressant « sur le mouvement d'un solide symétrique dans un milieu résistant » qu'Henri Dulac a rédigé pendant les loisirs de son séjour aux armées, et qui contient l'étude approfondie d'une équation différentielle de portée pratique, présentant dans 5 cas sur 9 un cycle limite.

Dans une série de leçons faites à Madrid et à Barcelone, Henri Dulac a exposé les grandes lignes de ses recherches sur les équations différentielles. Une partie de ces leçons a paru, mais la partie la plus intéressante, consacrée à la recherche des cycles limites, a disparu lors de la révolution espagnole. Henri Dulac a consacré les loisirs de sa studieuse retraite à reprendre cette publication.

Dans un domaine de recherches qui paraissait inextricable, et d'une complication sans issue, Henri Dulac a apporté des principes de classification d'une grande netteté, d'une valeur et d'une précision indiscutables, affirmées dans un grand nombre d'exemples, dont certains concernent des équations très simples. Cette étude lui a révélé beaucoup de faits insoupçonnés. S'attaquant à des questions d'une grande difficulté, provoquées par les recherches de savants du premier ordre dont j'ai cité les noms, il a réussi à y faire œuvre originale et féconde. Notre section de géométrie, admirant cette œuvre, qui porte témoignage des qualités certaines d'imagination et de pénétration de son auteur, l'avait proposé à vos suffrages pour une place de correspondant, à laquelle il fut élu en Avril 1944.

Ce savant de grand mérite, a montré au cours d'une carrière bien remplie les plus belles qualités morales, aussi bien dans ses fonctions universitaires qu'à la tête d'une compagnie du génie pendant la grande guerre. S'il me fallait le caractériser d'un mot, je ne saurais mieux faire que de reprendre le jugement

extrait pour Joseph Bertrand par Poinsot, du fameux calepin en maroquin vert : « Va d'un air simple à la vérité qu'il aime : la vérité lui sourit et quitte volontiers sa retraite pour se laisser produire au grand jour par un homme aussi modeste ».

L'Académie s'incline devant le deuil de sa famille ; elle gardera fidèlement le souvenir de cet homme de bien.

ÉLECTROCHIMIE. — *Sur le facteur de transfert dans la théorie de la surtension d'hydrogène.* Note de Mme **Geneviève Darmois** et M. **Eugène Darmois**.

Depuis un certain nombre d'années, nous utilisons, au sujet de l'ion hydrogène en solution aqueuse, une conception qui rompt avec la conception traditionnelle. L'ion H^+ serait, non pas l'ion hydroxonium $(H_3O)^+$ des physicochimistes, mais un proton encagé entre des molécules d'eau. L'un de nous (G. D.) a basé sur cette idée une théorie de la surtension d'hydrogène (1). Nous avons récemment remanié cette théorie (2). En principe dès la mise sous tension de l'électrolyseur, les protons H^+ s'adsorbent sur la cathode avec leur cortège de molécules d'eau. C'est la décomposition unimoléculaire des ensembles $H^+.nH_2O$ qui règle la valeur du courant. Conformément aux théories courantes donnant la vitesse de réaction, on peut écrire pour la densité de courant i la relation

$$i = K[H^+]_{ads} \exp \frac{-U}{RT} \tag{1}$$

$[H^+]_{ads}$ désigne l'activité dans la couche adsorbée ; U est l'énergie d'activation de la réaction. La présence d'une tension entre l'électrode et la solution facilite le saut du proton vers la cathode et l'on peut écrire

$$U = U_0 - EF, \tag{2}$$

où E est la tension et F le Faraday. La surtension η est définie de telle sorte que

$$E = V_0 + \eta, \tag{3}$$

où V_0 est la différence de potentiel entre l'électrode normale à hydrogène et la solution.

D'autre part, si l'on cherche à augmenter le courant, il faut faire arriver de nouveaux ions H^+, ce qui met en jeu une interaction entre les ions déjà installés sur l'électrode et ceux qui arrivent ; on peut alors écrire

$$[H^+]_{ads} = [H^+] \exp\left[-\frac{W_0 + W(\theta)}{RT}\right] \tag{4}$$

où $[H^+]$ est l'activité des ions dans la solution et θ la fraction de garnissage des ions sur la cathode.

(1) G. Sutra, *J. de Phys.*, 12, 1951, p. 573.

(2) G. Darmois et E. Darmois, *Zeit. f. Elektrochemie* (à paraître).

La formule de Nernst permet d'écrire

$$V_0 = \frac{RT}{F} \log \frac{[H^+]_0}{[H^+]}. \tag{5}$$

Des équations (1), (2), (3), (4), (5), on tire tout de suite

$$i = K[H^+]_0 \exp\left[-\frac{U_0 + W_0}{RT}\right] \exp\left[\frac{\eta F - W(\theta)}{RT}\right] \tag{6}$$

qui donne une relation linéaire entre η et $\log i$ (relation de Tafel). L'équation (6) s'applique pour les fortes surtensions; on n'a pas tenu compte en effet dans ce qui précède de la réaction inverse du dégagement d'hydrogène c'est-à-dire du passage de l'hydrogène à l'état d'ion. La relation linéaire ci-dessus se vérifie assez convenablement et les auteurs ont coutume d'extrapoler pour une surtension nulle. La densité de courant a dans ces conditions une valeur i_0 qui joue un certain rôle dans les théories de la surtension.

D'après la formule (6), on doit avoir

$$i_0 = K[H^+]_0 \exp\left[-\frac{U_0 + W_0 + W(\theta_0)}{RT}\right] \tag{7}$$

où θ_0 est le garnissage correspondant à la surtension nulle. On voit que le courant i_0 ne dépend pas de l'activité des ions H^+ en solution c'est-à-dire du pH. Or, *ce résultat est établi expérimentalement de façon indubitable*. C'est donc un argument en faveur de notre théorie.

On nous a fait l'objection que, dans les autres théories de la surtension, on suppose généralement que la tension E n'est pas utilisée en totalité dans l'équation (2) de sorte qu'il faudrait écrire (2)' : $U = U_0 - \alpha EF$, où α est un certain « coefficient de transfert » inférieur à l'unité. On peut recommencer tout le calcul ci-dessus en utilisant (2)' au lieu de (2); on vérifiera qu'on obtient finalement

$$i_0 = K[H^+]_0^{\alpha} [H^+]^{1-\alpha} \exp\left[-\frac{U_0 + W_0 + W(\theta_0)}{RT}\right]. \tag{7'}$$

Les valeurs de α sont autour de $1/2$, de sorte que i_0 dépendrait cette fois du pH. Il semble donc que $\alpha = 1$ et qu'il n'y a pas de coefficient de transfert dans le cas de l'ion hydrogène.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur le quotient de deux fréquences propres consécutives*. Note (*) de MM. **Laurent E. Payne, Georges Pólya** et **Hans F. Weinberger**.

Dans le problème des membranes vibrantes comme dans celui des plaques encastrées vibrantes, le quotient de deux fréquences propres consécutives est inférieur à une borne universelle indépendante de la forme de la membrane ou de la plaque et même de la place que les deux fréquences occupent dans la série de toutes les fréquences.

(*) Séance du 19 septembre 1955.

1. Soit D un domaine plan et C sa frontière. Nous considérons trois problèmes aux limites classiques (membranes, plaques encastrées, flambage),

(1) $$\Delta u + \lambda u = 0 \text{ dans D}, \qquad u = 0 \text{ sur C},$$

(2) $$\Delta\Delta u - \lambda u = 0 \text{ dans D}, \qquad u = u_\nu = 0 \text{ sur C},$$

(3) $$\Delta\Delta u + \lambda \Delta u = 0 \text{ dans D}, \qquad u = u_\nu = 0 \text{ sur C};$$

Δ est l'opérateur de Laplace, u_ν la dérivée normale de u. Soient $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \ldots,$ les valeurs propres ($\lambda_n \leqq \lambda_{n+1}$ pour $n \geqq 1$) et $u_1, u_2, u_3, \ldots,$ les fonctions propres correspondantes.

Théorème. — *S'il s'agit du problème* (1), $\lambda_{n+1} \leqq 3\lambda_n$ *pour* $n \geqq 1$ *et pour un domaine quelconque. S'il s'agit du problème* (2), $\lambda_{n+1} \leqq 9\lambda_n$ *pour* $n \geqq 1$ *et pour un domaine quelconque. S'il s'agit du problème* (3), $\lambda_2 < 3\lambda_1$ *pour un domaine quelconque.*

2. Nous ne démontrons ici que le cas $n = 1$ du résultat relatif au problème (1). L'intégrale double de $f(x, y)$ étendue au domaine D sera désignée par $\int f$, les dérivées partielles de f par f_x et f_y, et la première fonction propre u_1 par u. Soit φ une fonction suffisamment « lisse » qui satisfait à deux conditions : φ s'annule sur C et

(4) $$\int u\varphi = 0.$$

Alors, comme on sait,

(5) $$\lambda_2 \leqq -\frac{\int \varphi\,\Delta\varphi}{\int \varphi^2}.$$

Choisissons le système de coordonnées de manière que

(6) $$\int x u^2 = \int y u^2 = 0, \qquad \int u_x^2 = \int u_y^2;$$

des considérations tirées de la géométrie des masses montrent que ce choix est possible. Posons $\varphi = xu$. Alors φ satisfait aux deux conditions énoncées [à (4) en vertu de (6)] et (5) se change en

(7) $$\lambda_2 \leqq \lambda_1 - \frac{\int x\,2uu_x}{\int x^2 u^2} = \lambda_1 + \frac{\int u^2}{\int x^2 u^2}.$$

L'inégalité de Schwarz donne

(8) $$\left(\int u^2\right)^2 = 4\left(\int x u u_x\right)^2 \leqq 4\int x^2 u^2 \int u_x^2.$$

En combinant (6), (7) et (8) et en utilisant le fait que u est la fonction

propre qui correspond à λ_1, nous obtenons

$$\lambda_2 \leq \lambda_1 + \frac{4\int u_x^2}{\int u^2} = \lambda_1 + \frac{2\int u_x^2 + u_y^2}{\int u^2} = 3\lambda_1.$$

Le raisonnement précédent contient certains éléments essentiels de la démonstration complète du théorème énoncé.

3. Pour une membrane circulaire la valeur du quotient λ_2/λ_1 est environ 2,539. Si l'on pouvait remplacer par ce nombre le nombre 3 qui figure dans notre théorème sur les membranes vibrantes, on obtiendrait une nouvelle propriété « isopérimétrique » bien curieuse du cercle. Certaines indications parlent en faveur de cette propriété hypothétique.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Sur les relations entre la position de l'œuf de poule dans l'utérus et l'inversion de celle de l'embryon.* Note de MM. **Paul Ancel** et **Gianfranco Marca**.

L'œuf dans l'utérus est toujours orienté gros bout en bas dans les cas où, examiné après un certain temps d'incubation dans la position von Baër, il montre une inversion dans la position tête queue de l'embryon et dans le mode d'enroulement des chalazes.

De nombreux auteurs, à la suite de von Baër, ont signalé que dans certains œufs de différentes espèces d'oiseaux la position de l'embryon était inversée. Le gros bout de l'œuf étant placé vers la gauche de l'observateur, on constate que dans la majorité des cas, plus ou moins grande suivant les espèces, le plan de symétrie bilatérale de l'embryon est dirigé perpendiculairement au grand axe de l'œuf, la tête étant située loin de l'observateur. Dans les cas dits d'inversion, la tête est au contraire tournée vers l'observateur. L'inversion de l'embryon s'accompagne de l'inversion dans le mode de l'enroulement des chalazes; la chalaze insérée au gros bout de l'œuf est enroulée vers la gauche (sens négatif, senestrorsum) et la chalaze insérée au petit bout est enroulée vers la droite (sens positif, dextrorsum), contrairement au mode d'enroulement normal.

La recherche des causes de l'inversion tire son principal intérêt de la liaison possible entre elle et le déterminisme de la symétrie bilatérale. Certains auteurs pensent en effet que le stade auquel se constitue cette symétrie est le même que celui où se constitue l'inversion. Pour Bartelmez (1), qui ne s'est pas occupé du mode d'enroulement des chalazes, la symétrie bilatérale et l'inversion seraient réalisées dans l'ovaire au cours

(1) *Biol. Bull.*, 35, 1918, p. 319.

de l'oogenèse ou au voisinage de l'ovulation, tandis que pour Clavert et Vintemberger [2], ces deux phénomènes se produiraient dans l'utérus où se forment les chalazes grâce au mouvement de rotation auquel l'œuf est soumis dans cet organe, comme Conrad et Philipp [3] l'ont expérimentalement démontré. Clavert et Vintemberger concluent en effet de leurs observations que l'inversion de l'embryon et des chalazes est due à la position de l'œuf dans l'utérus et que c'est l'inversion dans le sens de la rotation qu'il subit pendant son séjour dans cette partie des voies génitales qui détermine l'orientation du plan de symétrie bilatérale.

Ces deux auteurs ont étudié la position de 34 œufs de Cane dans l'utérus à l'aide de radiographies prises de 2 h en 2 h pendant les 21 h où l'œuf séjourne dans l'utérus. D'après leurs constatations, les œufs peuvent être divisés en quatre groupes. Le premier renferme 15 œufs dont le petit bout était dirigé en bas dans l'utérus, l'embryon est en position normale et les chalazes normalement enroulées. Le second groupe renferme 8 œufs dont le gros bout est tourné vers le bas dans l'utérus; les chalazes et l'embryon sont inversés. Dans le troisième groupe se trouvent 2 œufs dont le gros bout était aussi dirigé vers le bas mais seulement pendant les 6 dernières heures de leur séjour dans l'utérus; aucune inversion n'a été constatée. Dans le dernier groupe, 9 œufs ont changé plusieurs fois de position dans l'utérus. L'orientation de l'embryon et l'enroulement des chalazes sont normaux dans certains cas et inversés dans d'autres et l'on rencontre « des dispositions aberrantes très difficiles à caractériser ».

Nous avons de notre côté étudié la position de l'œuf dans l'utérus 4 à 10 h avant la ponte à l'aide de radiographies faites sur 135 œufs provenant de 8 poules Leghorn blanches. Nous avons trouvé le petit bout de l'œuf dirigé vers le bas dans 124 cas et le gros bout en bas dans 11 cas. Sur ces 11 cas, nous avons noté 5 cas d'inversion de l'enroulement des chalazes et de l'embryon. La fréquence des cas d'inversion a varié avec les poules. Elle a été de zéro pour trois d'entre elles et pour les autres respectivement de 3,3, 5,8, 14,2, 16,6 et 17,8 %.

Nous avons aussi observé des malformations des chalazes consistant en 17 cas d'absence de l'une des deux et de 2 cas d'absence des deux, l'œuf étant dirigé petit bout en bas. Dans les cas où le gros bout était en bas, nous avons noté un cas d'absence d'une chalaze et un cas d'absence des deux. La position de l'œuf dans l'utérus ne paraît donc pas avoir joué un rôle dans l'absence des chalazes (19 cas sur 124) : 15,3 % contre (2 cas sur 11) 18,1 %. Nous avons en outre observé l'enroulement nul

(2) *C. R. Soc. Biol.*, **148**, 1954, p. 1122.
(3) *Poultry Science*, **17**, 1938, p. 143.

ou incomplet d'une chalaze associé ou non à l'absence de l'autre dans 6 cas où l'œuf avait son petit bout en bas et dans un cas d'inversion.

La position de l'embryon a été relevée sur un cadran horaire dont la 12ᵉ heure était la plus éloignée de l'observateur. Chaque moitié de ce cadran était divisée en 180°, le zéro étant à la 12ᵉ heure. Nous avons trouvé la tête de l'embryon dans un secteur préférentiel renfermant les petites déviations et s'étendant des deux côtés de 0 à 45°, suivant une fréquence de 88,1 % (119 cas). Dans le secteur situé entre 45 et 90°, comprenant les grandes déviations, nous avons relevé 11 cas (8,1 %). Les 5 cas d'inversion observés (3,7 %) comprenaient 3 cas à 180°, 1 à 170° et 1 à 135°. Dans les 6 cas où l'œuf était dirigé gros bout vers le bas et où l'inversion n'existait pas, la tête de l'embryon était cinq fois dans le secteur préférentiel et une fois à 90°.

Nos résultats confirment donc chez la Poule ceux que Clavert et Vintemberger ont obtenu chez la Cane en ce sens que tous les œufs qui présentaient de l'inversion de l'embryon et de l'enroulement des chalazes insérées au gros bout et au petit bout de l'œuf avaient leur gros bout en bas dans l'utérus, c'est-à-dire dans une position inverse de la normale, et que dans certains cas malgré cette position de l'œuf dans l'utérus l'inversion n'existait pas.

M. **Louis de Broglie** dépose sur le Bureau de l'Académie la *Connaissance des temps ou des mouvements célestes à l'usage des astronomes et des navigateurs pour l'an* 1957, publiée par le Bureau des longitudes.

M. **Edmond Sergent** adresse en hommage à l'Académie une Notice qu'il vient de publier sur *Émile Maupas, prince des protozoologistes*.

L'ouvrage suivant est présenté par M. **Pierre-P. Grassé** :

Encyclopédie entomologique. XXXIV. *Les Attacides (Saturnidæ) de l'Équateur Africain français*, par Pierre-Claude Rougeot.

CORRESPONDANCE.

M. **Jean Coulomb** prie l'Académie de bien vouloir le compter au nombre des candidats à la place vacante, dans la section d'Astronomie, par la mort de M. *Jean Chazy*.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° État du Viêt-Nam. Centre national de recherches scientifiques et techniques. *Archives géologiques du Viêt-Nam.* N°s 1 et 2.

2° Id. *Archives des recherches agronomiques et pastorales au Viêt-Nam. Note sur les cartes des sols et des formations végétales du Darlac* (avec 8 Cartes).

TOPOLOGIE. — *Quelques tables des groupes d'homotopie des groupes de Lie.* Note (*) de M. **Hirosi Toda**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

Tables des groupes d'homotopie $\pi_r(G)$ des groupes de Lie simples G pour $r \leqq 15$.

Dans les tables suivantes l'entier h (resp. ∞) désigne le groupe cyclique d'ordre h (resp. infini); le groupe $\pi_r(G)$ est somme directe des sous-groupes indiqués dans chaque colonne.

Tableau I.

G........	Sp(2).	SU(3).	SU(4).	G_2.	Spin(7).	Spin(9).	F_4.
$r = 9$........	0	3	2	6	2 2	2 2	2
$r = 10$........	120	30	120 2	3	24	24	0
$r = 11$........	2	4	4	∞ 2	∞ 2	∞ 2	∞ 2
$r = 12$........	2 2	60	60	0	0	0	0
$r = 13$........	4 2	6	4	3	2	2	0
$r = 14$........	1680	84 2	1680 2	24	840 24 2	24 2	2
$r = 15$........	2	36	72 2	2	2 2 2 2	∞ 2 2 2	∞ 2

Dans la suite exacte d'homotopie des fibrations $Sp(2)/S_3 = S_7$, $SU(3)/S_3 = S_5$ et $G_2/SU(3) = S_6$, on peut utiliser les résultats des groupes d'homotopie des sphères et les relations des compositions et constructions toriques entre leurs éléments. Les groupes $\pi_r(SU(4))$ et $\pi_r(Spin(7))$ sont calculés par les fibrations $SU(4)/SU(3) = S_7$, $SU(4)/Sp(2) = S_5$, $Spin(7)/G_2 = S_7$ et

(*) Séance du 3 octobre 1955.

Spin(7)/SU(4) $= S_6$. La classe caractéristique de la fibration Spin(7)/Spin(9) est un élément d'ordre 840.

TABLEAU II.

G........	SO(10).	SO(11).	SO(12).	SO(13).	SO(14).	SO(15).	SO(16).	SO(17).
$r=9$......	∞ 2	2	2	2	2	2	2	2
$r=10$......	12	6	3	3	3	3	3	3
$r=11$......	∞	∞	∞ ∞	∞	∞	∞	∞	∞
$r=12$......	12	2	2 2	2	0	0	0	0
$r=13$......	2	2 2	2 2	2	∞	0	0	0
$r=14$......	24	24	24 12	24	12	6	3	3
$r=15$......	∞ 2 2	∞ 2	∞ 2	∞ 2	∞ (2)	∞ (2)	∞ ∞ (2)	∞ (2)

$\pi_r(SO(n)) \approx \pi_r(Spin(n))$ pour $r > 1$, Spin(3) $= S_3$, Spin(4) $=$ Spin(3) $\times S_3$, Spin(5) $=$ Sp(2), Spin(6) $=$ SU(4) et Spin(8) $=$ Spin(7) $\times S_7$. Les groupes $\pi_r(SO(n))$, $n > 9$, sont calculés par la suite exacte d'homotopie de la fibration $SO(n)/SO(n-1) = S_{n-1}$ comparant à $\pi_{r+n}(S_n)$ par l'homomorphisme J de G. Whitehead. Les groupes $\pi_{15}(SO(n))$, $n \geq 14$, sont laissés en question et (2) indique 2 ou 0. Nous remarquons que l'homomorphisme J : $\pi_7(SO(n)) \to \pi_{n+7}(S_n)$ est surjectif en composante 3-primaire pour $n \geq 5$.

TABLEAU III.

G........	SU(5).	SU(6).	SU(7).	SU(8).	Sp(3).	Sp(4).
$r=9$......	∞	∞	∞	∞	0	0
$r=10$......	120	3	3	3	3	3
$r=11$......	0	∞	∞	∞	∞	∞
$r=12$......	360	720	0	0	2	2
$r=13$......	4	2	∞	∞	2	2
$r=14$......	1 680	1 680 6	1 680 3	3	1 680 6	6
$r=15$......	6	6	0	∞	2	∞

TOPOLOGIE. — *Quelques propriétés des produits de Steenrod.*

Note (*) de M. **Guy Hirsch**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

Les produits $\cup_i$ de Steenrod ne sont pas associatifs ($i > 1$). On donne ici certaines formules. En particulier, $\cup_1$ se comporte vis-à-vis de $\cup$ comme une antidérivation. Le « triple produit » de Massey, où un terme est répété, est lié à Sq_1.

(*) Séance du 3 octobre 1955.

1. Je considère les produits $\cup$ et $\cup_1$ tels qu'ils sont définis par N. E. Steenrod ([1]) pour un complexe K muni d'un ordre.

2. THÉORÈME 1. — *Soient x, y, z des cochaînes quelconques* (de dimension homogène) *de* K. *On a*

$$(*)\qquad (x \cup y) \cup_1 z = x \cup (y \cup_1 z) + \varepsilon (x \cup_1 z) \cup y \qquad (\varepsilon = \pm 1).$$

Vu le caractère linéaire du produit, il suffit d'établir (*) pour des simplexes σ, τ et ξ, respectivement à p, q et r dimensions.

Si les sommets distincts de σ, τ et ξ ne définissent pas un simplexe ζ à $p+q+r-1$ dimensions (exactement), les deux membres de (*) sont nuls. Si le premier membre est différent de zéro, et vaut donc ζ (au signe près), $\sigma \cup \tau$ s'écrira $\ldots V^0 V^1 \ldots$ (les sommets étant supposés ordonnés), ξ s'écrivant $V^0 \ldots V^1$. Mais, d'après la définition de $\sigma \cup \tau$, V^0 et V^1 appartiennent simultanément soit à σ, soit à τ (et pas tous les deux aux deux simplexes à la fois). Il en résulte que soit $\sigma \cup_1 \xi$, soit $\tau \cup_1 \xi$ est non nul (et un des deux seulement). Comme le dernier sommet de σ est aussi celui de $\sigma \cup_1 \xi$ (si celui-ci est $\neq 0$), et comme le premier sommet de τ est aussi celui de $\tau \cup_1 \xi$ (si celui-ci est $\neq 0$), $\sigma \cup \tau \neq 0$ entraîne alors soit $(\sigma \cup_1 \xi) \cup \tau = \pm \zeta$, soit $\sigma \cup (\tau \cup_1 \xi) = \pm \zeta$ (les deux égalités ne pouvant avoir lieu simultanément). Réciproquement, on voit que si l'une de ces égalités est vérifiée, l'autre ne l'est pas, et $(\sigma \cup \tau) \cup_1 \zeta = \pm \zeta$.

On a $\varepsilon = (-1)^{q(r-1)}$.

Remarques. — *a.* Avec cette définition de $\cup$ et $\cup_1$, on n'a pas en général de relation analogue entre $z \cup_1 (x \cup y)$, $z \cup_1 x$ et $z \cup_1 y$, ainsi qu'on le voit en prenant dans un 2-simplexe $(1, 2, 3)$ $z = (1, 3)$, $x = (1, 2)$ et $y = (2, 3)$.

b. — Ainsi que me l'a fait remarquer M. Cartan, le théorème 1 exprime que l'opération $x \to x \cup_1 z$ se comporte comme une anti-dérivation vis-à-vis du cup-produit.

3. THÉORÈME 2. — *Soient x, y et z des cochaînes quelconques de* K. *On aura* (en coefficients mod 2)

$$(x \cup_1 y) \cup_1 z + x \cup_1 (y \cup_1 z) + (x \cup_1 z) \cup_1 y + x \cup_1 (z \cup_1 y) = 0.$$

La démonstration, analogue à celle du théorème 1, se fera en considérant trois simplexes σ, τ et ξ. Sauf dans le cas trivial où les quatre termes sont nuls, et dans le cas où $y = z$ (ou $\tau = \xi$), il y aura exactement deux expressions ayant même valeur (un simplexe ζ) en valeur absolue, soit les deux premières, soit l'une des deux premières et la troisième ou la quatrième. La somme se compose donc soit de quatre termes nuls soit de deux termes égaux plus deux termes nuls, soit enfin ($\tau = \xi$) de quatre termes égaux.

4. THÉORÈME 3. — *Soient* (en coefficients mod 2) x^* *et* y^* *deux classes de cohomologie dont le produit est nul. Alors le « triple produit de Massey »* ([2]) $\langle x^*, y^*, x^* \rangle$ *est égal* (modulo l'idéal engendré par x^*) *au produit* $y^* \cup \mathrm{Sq}_1 x^*$ ([3]).

([1]) *Ann. Math.*, 48, 1947, p. 292.

([2]) *Bull. Amer. Math. Soc.*, 57, 1951, Abstract 51, p. 74.

([3]) Ce théorème avait été déduit par M. R. Thom, moyennant certaines hypothèses, de

Soient x et y des représentants (cocycles) de x^* et y^*; soient b et b' des cochaînes (définies à un cocycle près) telles que

$$x \cup y = \delta b, \qquad y \cup x = \delta b'.$$

On a (en coefficients mod 2)

$$y \cup \mathrm{Sq}_1 x = y \cup (x \cup_1 x) = (y \cup x) \cup_1 x + (y \cup_1 x) \cup x,$$

(d'après le théorème 1).

On a aussi (par le théorème 5.1 de Steenrod [1], p. 296)

$$\delta(y \cup_1 x) = \delta b + \delta b' \quad \text{et} \quad y \cup_1 x = b + b' \quad \text{(à un cocycle près)}.$$

D'où $y \cup \mathrm{Sq}_1 x = b' \cup_1 x + (b + b') \cup x$ (modulo l'idéal engendré par x dans l'anneau des cocycles); puisque (par le théorème 5.1 de Steenrod)

$$b'x + xb' = \delta b' \cup_1 x + \delta(b' \cup_1 x),$$

$y \cup \mathrm{Sq}_1 x \sim bx + xb'$ (modulo l'idéal engendré par x dans l'anneau des cocycles), et le second membre est précisément le produit de Massey $\langle x, y, x \rangle$.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Sur les écoulements unidimensionnels d'un fluide parfait à entropie faiblement variable*. Note de MM. **Paul Germain** et **Roy Gundersen**, transmise par M. Joseph Pérès.

Après avoir formé les équations du mouvement rectiligne non stationnaire voisin d'un mouvement rectiligne, supposé connu, dans lequel l'entropie du fluide garde une valeur constante, on étudie la solution de certains problèmes d'écoulements non isentropiques. En particulier, on peut de façon très simple résoudre explicitement le problème général posé par la perturbation d'un écoulement par ondes simples.

1. Envisageons le mouvement à une dimension le plus général d'un fluide parfait obéissant aux lois d'état des gaz parfaits; soient u et c la vitesse et la célérité du son, ρ et S la masse et l'entropie spécifiques; les équations de conservation de la masse, de l'impulsion, et de l'énergie permettent d'écrire le système d'équations auxquelles satisfont les grandeurs u, c, S considérées comme fonctions du temps t et de l'abcisse x

$$(\mathrm{I}) \qquad \begin{cases} 2(c_t + uc_x) + (\gamma - 1)\, cu_x = 0 \\ \gamma C_v \{ (\gamma - 1)(u_t + uu_x) + 2cc_x \} = c^2 S_x \\ S_t + uS_x = 0 \end{cases}$$

γ est l'indice adiabatique, rapport des chaleurs spécifiques à pression constante C_p et à volume constant C_v.

---

résultats que j'ai obtenus pour la structure multiplicative des espaces fibrés en sphères (qui font l'objet d'une Note ultérieure).

Dans toute cette Note, nous supposons donné un mouvement à entropie constante, c'est-à dire une solution de (I) : $u_0(x, t)$, $c_0(x, t)$, $S_0 =$ constante, et nous étudions les solutions voisines de la forme $u = u_0 + u_1$, $c = c_0 + c_1$, $S = S_0 + S_1$. Nous simplifions le système auquel satisfont les fonctions u_1, c_1, S_1 en le « linéarisant ». La dernière équation montre que S_1 reste constant le long des trajectoires de l'écoulement donné, définies par $dx = u_0\,dt$; d'ailleurs $\rho_0(dx - u_0\,dt)$ est la différentielle exacte d'une fonction $\psi_0(x, t)$ qui, égalée à une constante, définit les trajectoires. On pourra poser $S_1 = \Omega(\psi_0)$ et $c_0^2 S_{1x} = \rho_0 c_0^2 \Omega'(\psi_0) = \gamma(\gamma - 1) C_p H_0$. Ceci fait, les deux équations linéaires restantes définissent les fonctions u_1 et c_1; nous les écrirons après suppression de l'indice 1, pour simplifier la notation,

$$\text{(II)} \qquad \begin{cases} 2(c_t + u_0 c_x + u c_{0x}) + (\gamma - 1)(c_0 u_x + c u_{0x}) = 0 \\ (\gamma - 1)(u_t + u_0 u_x + u u_{0x}) + 2(c_0 c_x + c c_{0x}) = (\gamma - 1) H_0 \end{cases}$$

Mettons en évidence les paramètres caractéristiques

$$(\gamma - 1)u_0 + 2c_0 = 2(\gamma - 1)\alpha, \qquad -(\gamma - 1)u_0 + 2c_0 = 2(\gamma - 1)\beta,$$
$$(\gamma - 1)u + 2c = 2(\gamma - 1)A, \qquad -(\gamma - 1)u + 2c = 2(\gamma - 1)B,$$

le système (II) prend alors la forme

$$\text{(III)} \qquad \begin{cases} 2[A_t + (u_0 + c_0)A_x] + [(\gamma + 1)A - (3 - \gamma)B]\alpha_x = H_0, \\ 2[B_t + (u_0 - c_0)B_x] + [(3 - \gamma)A - (\gamma + 1)B]\beta_x = -H_0. \end{cases}$$

On remarquera qu'une perturbation isentropique du mouvement donné ($H_0 = 0$) correspond au système homogène associé au système linéaire (III).

2. Le système (III) dépend essentiellement de l'écoulement donné; le cas le plus simple est celui où celui-ci est uniforme; u_0 et c_0 sont alors constants, et par suite $\alpha_x = \beta_x = 0$. La solution générale du système homogène s'écrit avec deux fonctions arbitraires d'une variable F et G

$$A = F[x - (u_0 + c_0)t], \qquad B = G[x - (u_0 - c_0)t].$$

Dans le cas non isentropique, on obtient aisément une solution particulière; en effet, H_0 est une fonction de $x - u_0 t$, et l'on peut prendre

$$H_0 = 2\chi'(x - u_0 t), \qquad c_0 A = c_0 B = \chi(x - u_0 t),$$

solution particulière pour laquelle $u = 0$. On retrouve ainsi un résultat classique.

3. Le cas où l'écoulement donné est une onde simple ne semble pas avoir été envisagé. L'un des paramètres caractéristiques de l'écoulement donné, par exemple β, reste alors constant. La deuxième équation (III) permet alors la détermination de B; A se détermine ensuite en résolvant la première. Considérons d'abord le cas d'une perturbation isentropique ($H_0 = 0$); soit $x_0(\sigma)$,

$t_0(\sigma)$ la représentation paramétrique d'une caractéristique non rectiligne de l'écoulement donné; u_0 et c_0 sont des fonctions connues de σ; les caractéristiques non rectilignes ont pour équation $\rho_0 c_0 (t - t_0)^2 = \text{const.}$, et l'on peut écrire la solution générale de (III) avec deux fonctions arbitraires

$$B = 2\sqrt{\rho_0 c_0}\,(t - t_0)\,F'[\rho_0 c_0 (t - t_0)^2],$$

$$A\left(t - t_0 - 2c_0 \frac{t'_0}{c'_0} \frac{\gamma - 1}{\gamma + 1}\right) = G(\sigma) + \frac{3 - \gamma}{\gamma + 1} \frac{1}{\sqrt{\rho_0 c_0}} F[\rho_0 c_0 (t - t_0)^2],$$

la fonction $\sigma(x, t)$ étant définie implicitement par

$$x - x_0(\sigma) = [t - t_0(\sigma)][u_0(\sigma) + c_0(\sigma)].$$

Pour une onde centrée en $x = 0$, $t = 0$, on peut prendre $t_0 = 0$, $\sigma = x/t$.

La solution correspondant à une perturbation non isentropique s'obtient en ajoutant une solution particulière de (III), qui d'ailleurs se calcule aisément par quadratures. Si l'onde est centrée à l'origine par exemple, les trajectoires sont données par $\lambda = c_0^2 t^{\frac{2(\gamma-1)}{\gamma+1}} = \text{const.}$; H_0 peut s'écrire sous la forme

$$t H_0 = 2 c_0 \chi'(\lambda);$$

une solution particulière est alors donnée par

$$u = 0, \qquad 4c\lambda = (\gamma + 1) c_0 \chi(\lambda).$$

4. Il ne semble pas possible dans le cas général d'obtenir la solution de (III) sous forme explicite. On peut toutefois tirer parti des méthodes précédentes si l'écoulement donné est voisin d'un écoulement uniforme ou d'une onde simple. Soit par exemple à étudier un écoulement voisin d'un écoulement uniforme u_0, c_0. Désignons par u_1, c_1, S_1 et u_2, c_2, S_2 les termes d'ordre 1 et 2 obtenus par les procédés classiques de développement par rapport à un paramètre petit. Posons $\bar{u}_0 = u_0 + u_1$, $\bar{c}_0 = c_0 + c_1$, $\bar{u} = \bar{u}_0 + u_2$, $\bar{c} = \bar{c}_0 + c_2$, $\bar{S} = S_1 + S_2$. On voit aisément que $\bar{S}$ vérifie $\bar{S}_t + \bar{u}_0 \bar{S}_x = 0$, et $\bar{u}$ et $\bar{c}$ sont solutions de

$$\text{(IV)} \qquad \begin{cases} 2(\bar{c}_t + \bar{u}_0 \bar{c}_x) + (\gamma - 1)\,\bar{c}_0 u_x = 0, \\ \gamma C_v \{(\gamma - 1)(\bar{u}_t + \bar{u}_0 \bar{u}_x) + 2\,\bar{c}_0 \bar{c}_x\} = \bar{c}_0^2 \bar{S}_x. \end{cases}$$

Formellement, ce système (IV) apparaît comme identique au système (II) si l'on néglige les termes en u_{0x} et c_{0x}. Donc, *si $\bar{u}_0$ et $\bar{c}_0$ définissent l'écoulement au second ordre près, $\bar{u}$ et $\bar{c}$ définissent l'écoulement au troisième ordre près.* La solution de (IV) est immédiate; introduisons les quantité α, β, A, B, le système s'écrit $2A_\beta = H_0 t_\beta$, $2B_\alpha = -H_0 t_\alpha$ et se résoud par quadratures.

Notons que les méthodes utilisées s'étendent à l'étude approchée des écoulements dans une tuyère à section lentement variable.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur une méthode nouvelle d'obtention des niveaux de rotation nucléaires.* Note (*) de M. **Claude Marty**, présentée par M. Louis de Broglie.

On étudie les propriétés de symétrie des fonctions d'ondes correspondant à l'hamiltonien étudié précédemment ([1]). Dans le cas du couplage fort, on définit ensuite une approximation d'ordre zéro qui fait apparaître simplement un nouveau nombre quantique $|K|$. Les spectres de rotation peuvent être obtenus ensuite indifféremment pour des cœurs ayant un axe de symétrie ou non.

1. Lorsqu'on passe du référentiel fixe au référentiel mobile, en utilisant la valeur propre K de la projection $\nu = 3$ du vecteur $\vec{I}$, les fonctions d'ondes se transforment comme

$$(1)\quad \langle x_{ai}\psi_{ij} \mid \tau \mathrm{EIM}\rangle = \sum_{K=-I}^{I} D^{I}_{MK}(\theta)\langle x_{a\alpha}\psi_{\mu\nu} \mid \tau\,\mathrm{EIK}\rangle = \sqrt{\frac{2I+1}{8\pi^2}}\sum_{K} D^{I}_{MK}(\theta)\, G^{\tau EI}_{K}(x_{a\alpha}, \beta\gamma).$$

Dans (1) les D^{I}_{MK} sont les représentations de rang $2I+1$ du groupe des rotations.

Les propriétés d'invariance de ce type de fonction d'onde ont été analysées par A. Bohr ([1]) dans le cas d'une seule particule couplée à un cœur. Nous devons les reprendre ici plus en détail dans le cas de plusieurs nucléons.

2. En utilisant des fonctions d'ondes individuelles, relatives à l'hamiltonien

$$\left\{ \sum_{a\alpha} \frac{p^2_{a\alpha}}{2m} + \sum_{a} V(r_a) + \hbar^2 \sum_{a\alpha} \xi(r_a)\, l_{a\alpha} s_{a\alpha} - E_{ind} \right\} \langle x_{a\alpha} \mid \eta J\Omega\rangle = 0$$

où η symbolise les divers nombres quantiques du couplage *jj* et l'énergie E_{ind} de l'état, J et Ω les valeurs propres du moment angulaire total des particules et de sa projection sur un axe mobile, on peut écrire

$$(2)\qquad G^{\tau EI}_{K}(x_{a\alpha}\beta\gamma) = \sum_{\eta J\Omega} \varphi^{\tau EI\eta J}_{K\Omega}(\beta\gamma)\langle x_{a\alpha} \mid \eta J\Omega\rangle$$

En écrivant l'invariance de (1) vis-à-vis des opérateurs R_1, R_2, R_3 introduits par Bohr ([2]), on trouve, comme dans le cas d'une seule particule que les coefficients $\varphi^{\tau\ldots}_{K\Omega}$ ne sont différents de zéro que si $K - \Omega = 2\nu$ (ν entier).

(*) Séance du 3 octobre 1955.

([1]) *Voir* C. Marty, *Comptes rendus*, 241, 1955, p. 855 (noté I dans la suite).

([2]) A. Bohr, *Det. Kgl. Danske Vid. Selsk.*, 26, 1952, n° 14.

On a aussi

$$(3) \qquad \varphi^{\tau\ldots}_{K\Omega}(\beta, \gamma) = (-)^{\nu} \varphi^{\tau\ldots}_{K\Omega}(\beta, -\gamma) \quad \text{et} \quad \varphi^{\tau\ldots}_{-K-\Omega}(\beta, \gamma) = (-)^{I-J} \varphi^{\tau\ldots}_{K\Omega}(\beta, \gamma).$$

Ces conditions, pour $K = \Omega = 0$, restreignent les valeurs de J figurant dans (2) à celles qui laissent I — J pair.

3. Si l'axe 3 est un axe de symétrie pour le cœur, on peut construire une infinité de trièdres mobiles à partir du référentiel fixe ; ils se déduisent tous les uns des autres par des rotations finies d'angle ψ_0 autour de l'axe 3. La fonction d'onde (1) est alors invariante vis-à-vis de l'application de l'opérateur $R_2^c(\psi_0)$ qui définit le déplacement précédent. En même temps on remarque que les composantes I_3 et J_3 deviennent de bons nombres quantiques, dont les valeurs propres K et Ω sont égales. La fonction propre (1), dans ces conditions est proportionnelle à

$$(1') \qquad \Psi^{\tau EIMK}_{sym} \sim D^I_{MK} G^{\tau EI}_K + (-)^{I+K} D^I_{M-K} R_1 G^{\tau EI}_K,$$

$$(2') \qquad G^{\tau EI}_K(x_{a\alpha}\beta\gamma) = \sum_{\eta J} \varphi^{\tau EI\eta J}_{KK}(\beta, \gamma) \langle x_{a\alpha} \mid \eta JK \rangle.$$

L'opérateur R_2 introduit par Bohr étant un cas particulier de R_2^c, les relations (3) et leurs conséquences restent vraies si le cœur a un axe de symétrie.

4. Pour résoudre approximativement l'équation de Schrödinger (4) de (I), on distinguera deux cas :

a. Si le cœur n'a aucun axe de symétrie, on a, dans le cas du couplage fort, $H_{int} \gg T_{rot}$. On prendra alors comme hamiltonien d'ordre zéro,

$$\mathcal{H} = H_p + H_c + H_{int} - T_{rot}.$$

$\mathcal{H}$ ne contenant ni les angles d'Euler, ni leurs dérivées, on a $[I_3, \mathcal{H}] = 0$.

Les fonctions d'onde d'ordre zéro auraient donc un nombre quantique supplémentaire $|K|$.

b. Si le cœur a un axe de symétrie, l'axe 3 par exemple, le moment d'inertie $\mathcal{J}_3$ figurant dans T_{rot} est très petit et le terme $(I_3 - J_3)^2/\mathcal{J}_3$ ne peut être traité comme une perturbation. Toutefois il est clair que dans ce cas encore $|K|$ est bon nombre quantique.

On est donc conduit suivant l'approximation adoptée, à distinguer si le cœur a un axe de symétrie ou non. En traitant dans le cas *a*, T_{rot}, dans le cas *b*, $T_{rot} - (I_3 - J_3)^2/\mathcal{J}_3$ comme une perturbation, on obtient facilement dans chaque cas les spectres de rotation correspondant.

OPTIQUE ÉLECTRONIQUE. — *Relation entre un champ quelconque* $\vec{B}(r, \varphi, z)$ *et le champ de révolution* $\vec{B}^R(r, z)$ *tel que* $B_z^R(o, z) = B_z(o, z)$. *Applications.* Note de M. **Pierre Gautier**, présentée par M. Gaston Dupouy.

A partir d'un champ quelconque $\vec{B}(r, \varphi, z)$, il est possible d'obtenir l'une quelconque des grandeurs caractéristiques du champ de révolution $\vec{B}^R(r, z)$ tel que $B^R = (o, z) = B_z^R(o, z)$, en prenant la « valeur moyenne » par rapport à φ de la grandeur correspondante du champ $\vec{B}$. On en déduit un théorème sur la mesure d'un champ magnétique quelconque au moyen de bobines exploratrices à symétrie de révolution.

1° Raisonnons sur un champ magnétique; ce qui suit est valable également pour un champ électrique. On sait que si l'on utilise les coordonnées cylindriques, toutes les grandeurs (induction $\vec{B}$, potentiels vecteur et scalaire $\vec{A}$ et V^*) caractéristiques d'un champ donné dans le vide peuvent se déduire d'une fonction unique $U(r, \varphi, z)$ par les formules ([1]).

$$(1)\quad \left\{\begin{array}{llll} & B_r = \dfrac{\partial^2 U}{\partial r\, \partial z}, & B_\varphi = \dfrac{1}{r}\dfrac{\partial^2 U}{\partial \varphi\, \partial z}, & B_z = \dfrac{\partial^2 U}{\partial z^2}, \\ A_\varphi = -\dfrac{\partial U}{\partial r}, & A_r = \dfrac{1}{r}\dfrac{\partial U}{\partial \varphi}, & A_z = o, & \mu_0 V^* = -\dfrac{\partial U}{\partial z}. \end{array}\right.$$

La fonction U est partout finie et continue ainsi que ses dérivées et prend ainsi que ses dérivées la même valeur pour $\varphi = o$ et $\varphi = 2\pi$. C'est une solution de l'équation de Laplace $\Delta U = o$.

Nous allons montrer que *le champ de révolution* $\vec{B}^R(r, z)$ *tel que*

$$B_z^R(o, z) = B_z(o, z)$$

dérive de la fonction :

$$(2)\quad U^R(r, z) = \frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} U(r, \varphi, z)\, d\varphi.$$

En effet, compte tenu des hypothèses concernant la fonction U, on peut prendre le laplacien des deux membres de (2) et appliquer les formules (1) à U^R en dérivant sous le signe somme. On trouve alors successivement que U^R satisfait à l'équation de Laplace des systèmes de révolution; que la formule (3) s'applique également aux grandeurs B_3, B_r, A_φ et V^*; enfin que $B_\varphi^R(r, z) = A_r^R(r, z) \equiv o$, $B_r^R(o, z) = A_\varphi^R(o, z) \equiv o$; $V^{*R}(o, z) = V^*(o, z)$, $B_z^R(o, z) = B_z(o, z)$.

([1]) E. Durand, *Électrostatique et Magnétostatique*. Masson, Paris, 1953, p. 485.

2° Nous allons en déduire un théorème qui généralise un résultat donné dans une Note ([2]) précédente.

« Le flux Φ d'une induction magnétique $\vec{B}$ *quelconque* à travers une bobine à symétrie de révolution s'exprime, en fonction de la composante de $\vec{B}$ *sur l'axe de la bobine*, comme si le champ était de révolution autour de cet axe ».

Il suffit de démontrer le résultat pour *une* spire particulière, de rayon a. Soit Oz l'axe de la spire, z son abscisse et $\vec{B}^R$ le champ de révolution tel que $B_z^R(o, z) = B_z(o, z)$. De la définition de Φ et de la formule (2) on tire

$$\Phi = \int_0^a r\,dr \int_0^{2\pi} B_z(r, \varphi, z)\,d\varphi = 2\pi \int_0^a B_z^R(r, z)\,r\,dr$$
$$= \pi a^2 \left[B_z(o, z) - \frac{a^2}{8}\left(\frac{d}{dz}\right)^2 B_z(o, z) + \frac{a^4}{192}\left(\frac{d}{dz}\right)^4 B_z(o, z) - \ldots \right].$$

C'est bien la même expression que pour un champ de révolution $\vec{B}(r, z)$.

On rencontre en optique électronique des champs magnétiques (lentilles, systèmes déflecteurs, ...) dont le gradient est très élevé : si l'on veut mesurer un tel champ supposé *quelconque*, en *un point* et au 4ᵉ ordre près ([3]), au moyen de bobines exploratrices à symétrie de révolution *de dimensions finies*, il faudra construire ces bobines comme si le champ était de révolution autour de *leur* axe ([4]).

3° Voici une autre application de la formule (2). Représentons le potentiel scalaire sur l'axe Oz d'une lentille cylindrique ou de révolution par

$$V^*(o, z) = f(z) = \int_{-\infty}^{+\infty} g(u)\,e^{-iuz}\,du.$$

On sait que dans une lentille cylindrique ayant yOz pour plan de symétrie et dans une lentille de révolution d'axe Oz les potentiels dans tout l'espace $V^{*C}(x, z)$ et $V^{*R}(r, z)$ sont donnés par ([5])

$V^{*C}(x, z)$.	$V^{*R}(r, z)$.
$\frac{1}{2}\{f(z+ix)+f(z-ix)\}$	$\frac{1}{\pi}\int_0^{\pi} f(z+ir\cos\varphi)\,d\varphi$
$\int_{-\infty}^{+\infty} \mathrm{ch}(ux)\,g(u)\,e^{-iuz}\,du$	$\int_{-\infty}^{+\infty} I_0(ur)\,g(u)\,e^{-iuz}\,du$
$\sum_{n=0}^{\infty}(-1)^n \frac{x^{2n}}{(2n)!}\left(\frac{d}{dz}\right)^{2n} f(z)$	$\sum_{n=0}^{\infty}\frac{(-1)^n}{(n!)^2}\left(\frac{r}{2}\right)^{2n}\left(\frac{d}{dz}\right)^{2n} f(z)$

([2]) P. Gautier, *Comptes rendus*, 240, 1955, p. 2294.

([3]) P. Durandeau, *Comptes rendus*, 236, 1953, p. 366; P. Gautier, *J. Phys. Rad.*, 15, 1954, p. 684.

([4]) On mesure évidemment la composante du champ, ou ses dérivées, sur l'axe de la bobine.

([5]) E. Durand, *op. cit.*, p. 367, 383 et 384.

En appliquant la formule (2) à $V^{*C}(r\cos\varphi, z)$, compte tenu des conditions de symétrie et de

$$\frac{1}{\pi}\int_0^{\pi} \operatorname{ch}(ur\cos\varphi)\,d\varphi = I_0(ur), \qquad \frac{1}{\pi}\int_0^{\pi} \cos^{2n}\varphi\,d\varphi = \frac{(2n)!}{2^{2n}(n!)^2},$$

on retrouve aisément les expressions de V^{*R} ci-dessus.

OPTIQUE. — *Sur l'utilisation d'une association interféromètre-spectromètre à prismes pour l'enregistrement de la structure d'une raie Raman de vibration de* $GeCl_4$. Note de M. **René Dupeyrat**, présentée par M. Jean Cabannes.

Dans certaines conditions, que l'on précise, l'association interféromètre-spectromètre peut, à résolution égale de l'ensemble, remplacer avantageusement le spectromètre. On étudie successivement : l'adaptation des deux appareils, les conditions expérimentales de variation d'ordre (balayage), l'enregistrement d'une raie.

1. *Adaptation.* — Une raie Raman résoluble par un spectromètre à prismes est considérée : soit comme un spectre continu (pour simplifier on prend une fonction de répartition rectangulaire de largeur $\delta\lambda$) si la résolution R_1 du spectromètre est supérieure à $\lambda/\delta\lambda$ (cas 1), soit comme une raie monochromatique si sa résolution R_2 est inférieure à $\lambda/\delta\lambda$ (cas 2).

Soient

τ_S, transmission du spectromètre;
τ_I, transmission de l'interféromètre;
H, hauteur des prismes;
λ, longueur d'onde de la lumière analysée;
R_0, résolution intrinsèque du train de prismes;
a' et b', dimensions linéaires de la fente de sortie;
α' et β', dimensions angulaires, à partir du centre de l'objectif de chambre, de la fente de sortie;
$\mathcal{B}_\lambda\,\delta\lambda$, brillance énergétique du spectre continu dans le domaine $\delta\lambda$.

Pour $R_1 > \lambda/\delta\lambda$, le flux transmis [1], [2] est

$$\Phi_1 = \tau_S \mathcal{B}_\lambda \frac{\pi}{4} H\beta'\lambda^2 \frac{R_0}{R_1^2}.$$

Pour $R_2 < \lambda/\delta\lambda$,

$$\Phi_2 = \tau_S \mathcal{B}_\lambda\,\delta\lambda \frac{\pi}{4} H\beta'\lambda \frac{R_0}{R_2},$$

$$\frac{\Phi_2}{\Phi_1} = \frac{\delta\lambda}{\lambda}\,\frac{R_1^2}{R_2}.$$

Posons $\mathcal{F}_\lambda = \lambda/\delta\lambda$, finesse de la raie.

---

[1] P. Jacquinot et Ch. Dufour, *J. Recherches C. N. R. S.*, 6, 1948, p. 96.

[2] R. Chabbal, *J. Recherches C. N. R. S.*, 24, 1953, p. 138; Communication au Colloque d'Interférométrie de l'Institut d'Optique, Paris, 1955.

Lorsqu'on associe le spectromètre de résolution R_2 à l'interféromètre de résolution R_1, $R_1 = \lambda/d\lambda$, la seule partie de Φ_2 qui nous intéresse est celle comprise dans $d\lambda$.

S'il n'y a pas de superposition d'ordres :

$$\Phi'_2 = \tau_S \mathcal{B}_\lambda\, d\lambda \frac{\pi}{4} \mathrm{H}\beta'\lambda \frac{R_0}{R_2},$$

$$\frac{\Phi'_2}{\Phi_1} = \frac{R_1}{R_2},$$

le flux Φ'_2 serait, au coefficient de transmission τ_I de l'interféromètre près, le flux reçu, après analyse de Φ_2 par l'interféromètre de résolution R_1. Par exemple :

$R_1 = 20\,000$; $\Delta\nu$ séparation de deux raies Raman $\# 100\ \mathrm{cm}^{-1}$, $R_2 = 200$,

$$\frac{R_1}{R_2} \# 100.$$

Les conditions géométriques d'adaptation sont définies à partir des flux transmis par l'interféromètre Φ_{I_1} et Φ_{I_2}; en admettant que l'interféromètre soit conjugué de la fente du monochromateur, ses dimensions sont ka' et kb' :

$$\Phi_{I_1} = \tau_I \mathcal{B}_\lambda \pi k^2 a' b' \lambda \frac{1}{R_{I_1}^2},$$

$$\Phi_{I_2} = \tau_I \mathcal{B}_\lambda \delta\lambda \pi k^2 a' b' \frac{1}{R_{I_2}}.$$

Ici

$$\Phi_{I_1} = \Phi'_2, \qquad \tau_S \mathcal{B}_\lambda\, d\lambda \frac{\pi}{4} \mathrm{H}\beta'\lambda \frac{R_0}{R_2} = \tau_I \mathcal{B}_\lambda \pi k^2 a' b' \frac{1}{R_I},$$

avec $d\lambda/dx'$, dispersion linéaire du spectromètre,

$$R_2 = \frac{\lambda}{a' \dfrac{d\lambda}{dx'}}, \qquad \beta' = \frac{b'}{F'},$$

F', focale de l'objectif de chambre. Admettons $\tau_S \# \tau_I$,

$$k = \frac{1}{2}\sqrt{R_0 R_{I_1}} \sqrt{\frac{H}{F'} \frac{d\lambda}{dx'}},$$

il vient pour $R_0 = 10^5$, $H/F' = 1/8$, $d\lambda/dx' = 14 \cdot 10^{-7}$, $R_{I_1} = 20\,000$,

$$k = 10.$$

Un tel interféromètre est réalisable, sa forme rectangulaire occasionne une perte considérable de matière sur un galet circulaire. L'association de deux interféromètres ou d'un interféromètre et d'un filtre interférentiel au spectromètre est plus rentable de ce point de vue.

2. *Variation d'ordre.* — La largeur de la raie analysée impose une limite supérieure de l'épaisseur de l'interféromètre e.

Soit R_c la résolution de l'interféromètre correspondant au brouillage.

Prenons $R_c = \mathcal{F}_\lambda = 2\nu e$, $e = \mathcal{F}_\lambda/2\nu$, si l'on veut faire varier l'ordre d'une unité au moins selon la méthode décrite par Ch. Dufour ([3]) (variation de la pression du gaz baignant les galets entre 0 et 1 atm), on doit avoir

$$2e(n-1)\nu \geqq 1 \qquad (n \text{ indice du gaz}),$$

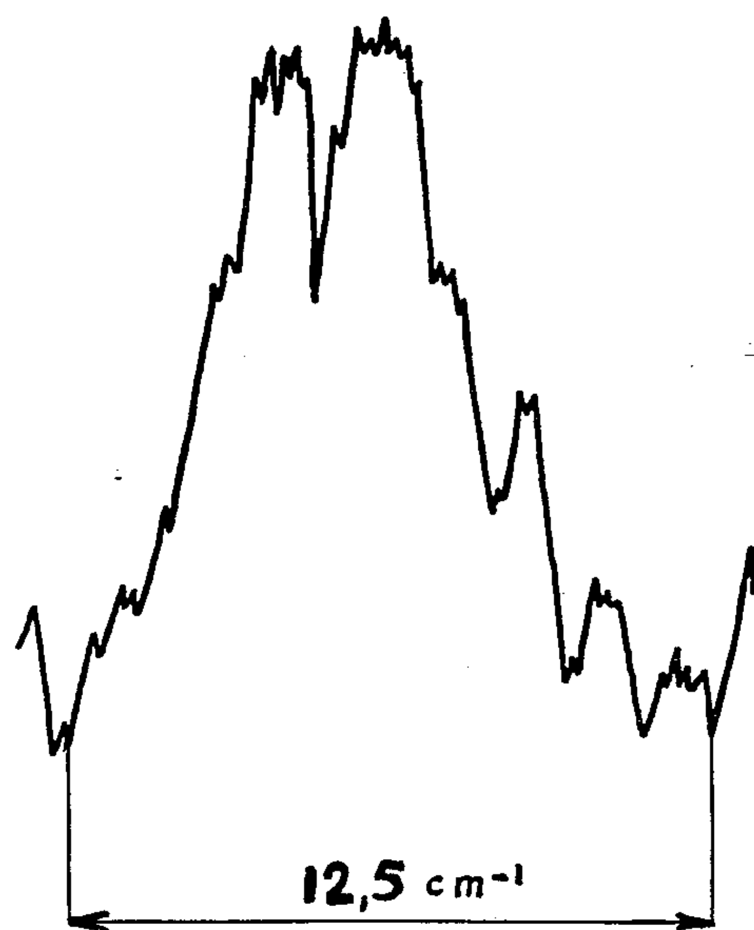
ou

$$\mathcal{F}_\lambda(n-1) \geqq 1,$$

les valeurs de $(n-1)$ des gaz utilisés ont été mesurées par comparaison à l'air à 21°, 1 atm pour 4 358 Å :

Butane industriel	11.10^{-4}
CF_2Cl_2	11.10^{-4}
$CHClF_2$	$7,5.10^{-4}$.

Le dichloro difluoro méthane convient bien et permet d'analyser des raies de finesse $\mathcal{F}_\lambda \geqq 1/(n-1)$ égal à 900, soit dans la région spectrale intéressante $\delta\nu \# 20\ \text{cm}^{-1}$.



3. *Résultats.* — Le montage réalisé permet un balayage de p ordres par variation de pression de 0 à 1 atm de CF_2Cl_2.

([3]) *Thèse*, Paris, 1949.

Si $e = 0,4$ mm,

$$2e(n-1)\nu = p, \quad p \neq 1,8 \quad \text{et} \quad \delta\nu = \frac{1}{2e} = 12,5 \text{ cm}^{-1}.$$

La structure de ν_1 de $GeCl_4$, (voir *figure*) a été enregistrée à la vitesse d'un ordre en quatre heures, la source étant un arc à mercure à grande puissance (4) (3 kW). L'étude théorique de cette structure est en cours.

SPECTROSCOPIE. — *Spectroscopie d'émission à très basse température (refroidissement par hélium* II). Note de MM. **Jean Brochard, Robert Chabbal, Henri Chantrel** et **Pierre Jacquinot**, présentée par M. Jean Cabannes.

Les structures fine et hyperfine de deux raies de l'hélium ont été étudiées en utilisant comme source une cathode creuse refroidie par un bain d'hélium liquide pompé au-dessous du point λ. Pour que la méthode ait toute son efficacité on doit employer des courants très faibles, les raies obtenues sont alors très fines. Avec un courant de 30 μA la largeur de la raie 4713 Å est celle d'une raie Doppler à 6° K.

Depuis un an des mesures de spectroscopie interférentielle avec une source refroidie à l'hélium liquide sont en cours au Laboratoire Aimé Cotton du Centre National de la Recherche Scientifique à Bellevue. Les travaux ont jusqu'ici porté exclusivement sur l'étude des structures fine et hyperfine des triplets de l'hélium. Les résultats spectroscopiques sont encore incomplets mais on peut déjà signaler l'efficacité de la méthode de refroidissement.

La source utilisée est une lampe à cathode creuse ne présentant que peu de différences avec celle qui a déjà été utilisée dans l'hydrogène liquide (1). Le cryostat à hélium d'une contenance de 1,5 l, construit d'après les conseils de R. Spöndlin, ne consomme que très peu d'hélium.

Les raies sont beaucoup plus fines qu'avec l'hydrogène liquide mais les largeurs augmentent rapidement avec l'intensité du courant employé.

A titre d'exemple le tableau ci-dessous donne les largeurs obtenues pour la raie 4713 Å.

	Hydrogène liquide.	Hélium liquide.					Hélium pompé.
i (mA)...........	0,75	2	1	0,5	0,25	0,1	0,03
l (mK) (*)........	48	40	37	34,5	32	29	24,5
l' (mK)..........	44,5	36,5	33,5	31	28	25	19
T (°K)............	34	23	19,5	16,5	13,5	11	6

(*) 1mK = 0,001 cm⁻¹.

(4) Brevet français n° 1.018.128.

(1) J. Brochard, R. Chabbal, H. Chantrel et P. Jacquinot, *J. Phys. Rad.*, 13, p. 433.

i est l'intensité du courant en milliampères; l est la largeur totale comprenant l'élargissement par l'interféromètre (largeur lue sur l'enregistrement); l' est la largeur propre des raies émises par la source [après correction de l'élargissement par l'interféromètre suivant le procédé étudié par R. Chabbal ([2])]; T est la température correspondant à une raie Doppler de largeur l'. La pression était de l'ordre de 100 μ dans l'hélium liquide, de l'ordre de 500 μ dans l'hydrogène liquide (la pression exigée pour un fonctionnement correct de l'appareil augmente avec la température).

L'élargissement avec le courant semble n'être pas dû uniquement à une élévation de température. En effet :

1° Les « pieds » sont beaucoup plus importants que pour un profil Doppler et leur importance croît avec le courant.

2° Des enregistrements ont été faits à des pressions de 60 et 150 μ environ (limites de fonctionnement de la cathode). On note toujours un léger élargissement par pression mais surtout une croissance très nette des pieds (surtout pour les forts courants). Pour interpréter ce dernier résultat il faut admettre qu'il existe un élargissement, différent de l'effet Doppler, qui croît avec le courant et avec la pression, mais que par ailleurs une augmentation de pression favorisant le refroidissement diminue la largeur Doppler d'où une compensation partielle dans le corps de la raie.

Pour obtenir le maximum de la résolution finale on a intérêt à sacrifier quelque peu la résolution de l'appareil interférentiel au profit de sa luminosité; ceci permet d'employer des courants moins intenses dans la source et de diminuer ainsi sa température. La différence de température entre le bain d'hélium et la source devient alors assez faible pour qu'il soit intéressant de refroidir le bain d'hélium par pompage.

Des enregistrements faits avec un bain d'hélium pompé au-dessous du point λ ($T \simeq 1°,8$) ont confirmé ce point de vue. On a constaté en outre une augmentation de l'intensité lumineuse à courant donné (circonstance très favorable). L'emploi de l'hélium pompé n'apporte guère de complication; étant donnés les faibles courants employés, on peut travailler plusieurs heures sans ajouter d'hélium dans le cryostat. L'hélium pompé a donc été employé systématiquement pour l'étude de la structure des raies 4713 et 4471 Å de He_4 et (à l'aide d'un interféromètre double) pour l'étude de la structure hyperfine des mêmes raies dans un mélange 90 % He_3 — 10 % He_4. Cette étude sera prochainement étendue à d'autres raies.

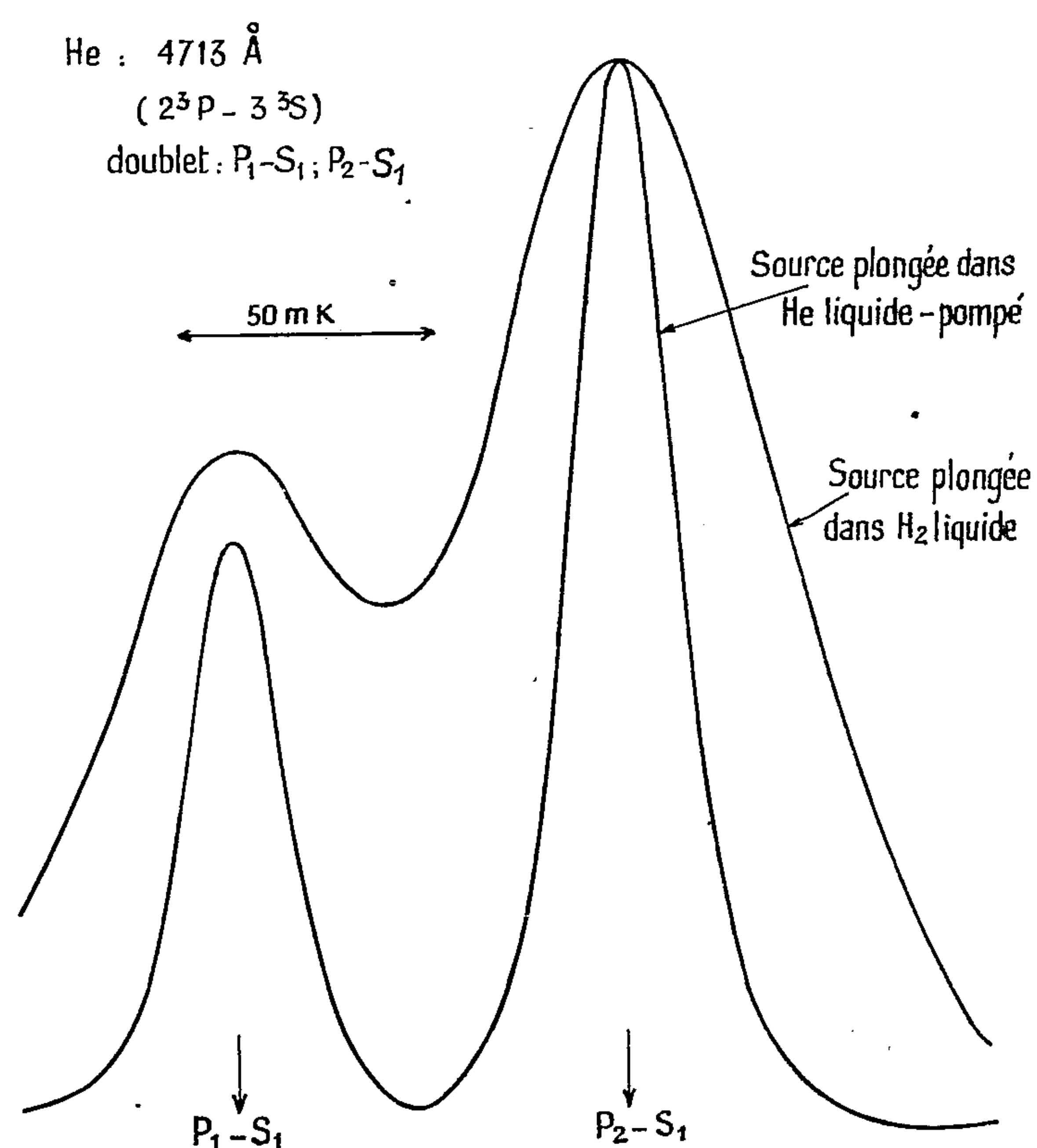
La figure montre le gain obtenu en employant l'hélium pompé dans le cas de la raie 4713 Å. De bons enregistrements ont été obtenus avec un courant

---

([2]) *J. Rech. C. N. R. S.*, 24, 1953, p. 138.

de 30 μA seulement; la largeur totale des raies enregistrées est alors de 24,5 mK. La largeur propre des raies est de 19 mK environ correspondant pour un profil de Doppler à une température de 6° K.

On peut envisager l'extension de la méthode à l'étude de raies de corps autres que l'hélium déposés sur la cathode, mais l'efficacité de la méthode



risque d'être très diminuée par la nécessité d'utiliser des courants de quelques milliampères et c'est seulement pour des raies particulièrement intenses qu'on peut espérer que le bain d'hélium liquide apportera une amélioration notable sur le bain d'hydrogène liquide.

Nous avons appris tout récemment par une communication privée de J. G. Hirrschberg qu'il a lui aussi utilisé l'hélium liquide pour refroidir une source destinée à l'étude des raies de He ionisé : mais dans ce cas, des courants beaucoup plus élevés sont nécessaires et il est probable qu'on ne peut pas alors tirer plein avantage de l'utilisation de l'hélium liquide.

OPTIQUE CRISTALLINE. — *Luminescence de cristaux aux basses températures. Naphtalène à* 20° K. Note (*) de MM. **Adnan Zmerli** et **Paul Pesteil**, présentée par M. Jean Cabannes.

On attribue le spectre de luminescence du naphtalène cristallisé à 20° K dans le proche ultraviolet à une transition $^3B_{3u}$–$^1A_{1g}$.

La détermination du type de symétrie des niveaux excités responsables de l'absorption et de la luminescence du naphtalène a donné lieu à de nombreuses prévisions théoriques et interprétations expérimentales contradictoires. Nous donnons ci-dessous un tableau récapitulatif des principales conclusions successivement émises par les théoriciens et les expérimentateurs.

Prévisions théoriques (1).

	Auteurs	Blumenfield.	Craig.	Platt.	Moffitt.	Pariser.
Types de symétrie	1° Trans.......	A_{1g}	A_{1g}	B_{3u}	B_{3u}	B_{3u}
	2° Trans.......	B_{3u}	B_{3u}	B_{2u}	B_{2u}	B_{2u}

B_{2u}, dipôle parallèle à la largeur de la molécule M.
B_{2u}, dipôle parallèle à la longueur de la molécule L.

Conclusions expérimentales les plus récentes (2).

	Auteurs........	Brodersen.	Pesteil.	Craig.	Mc Clure.		
	Étude sur......	Cristal.	Cristal.	Cristal.	Vapeur.	Cristal.	Solution solide.
Polarisation des bandes	1° Trans.....	M	M et L	M	–	M	L et M
	2° Trans.....	–	–	M	–	L	M
Types de symétrie	1° Trans.....	B_{2u}	B_{2u}	A_{1g}	A_{1g}; B_{1g}	B_{2u}	B_{3u}
	2° Trans.....	–	–	B_{2u}	–	B_{3u}	B_{2u}

Citons aussi les résultats obtenus sur les cristaux par Prikhotjko en absorption et V. Obreimov et Shabaldas en fluorescence (3).

Nous avons nous-même étudié la fluorescence à l'état cristallisé du naphtalène à 20°K, de l'α-méthylnaphtalène à 2° et 14°K, du β-méthylnaphtalène à 2° et 14°K. Nous avons trouvé les premières bandes fortes de ces substances res-

(*) Séance du 3 octobre 1955.

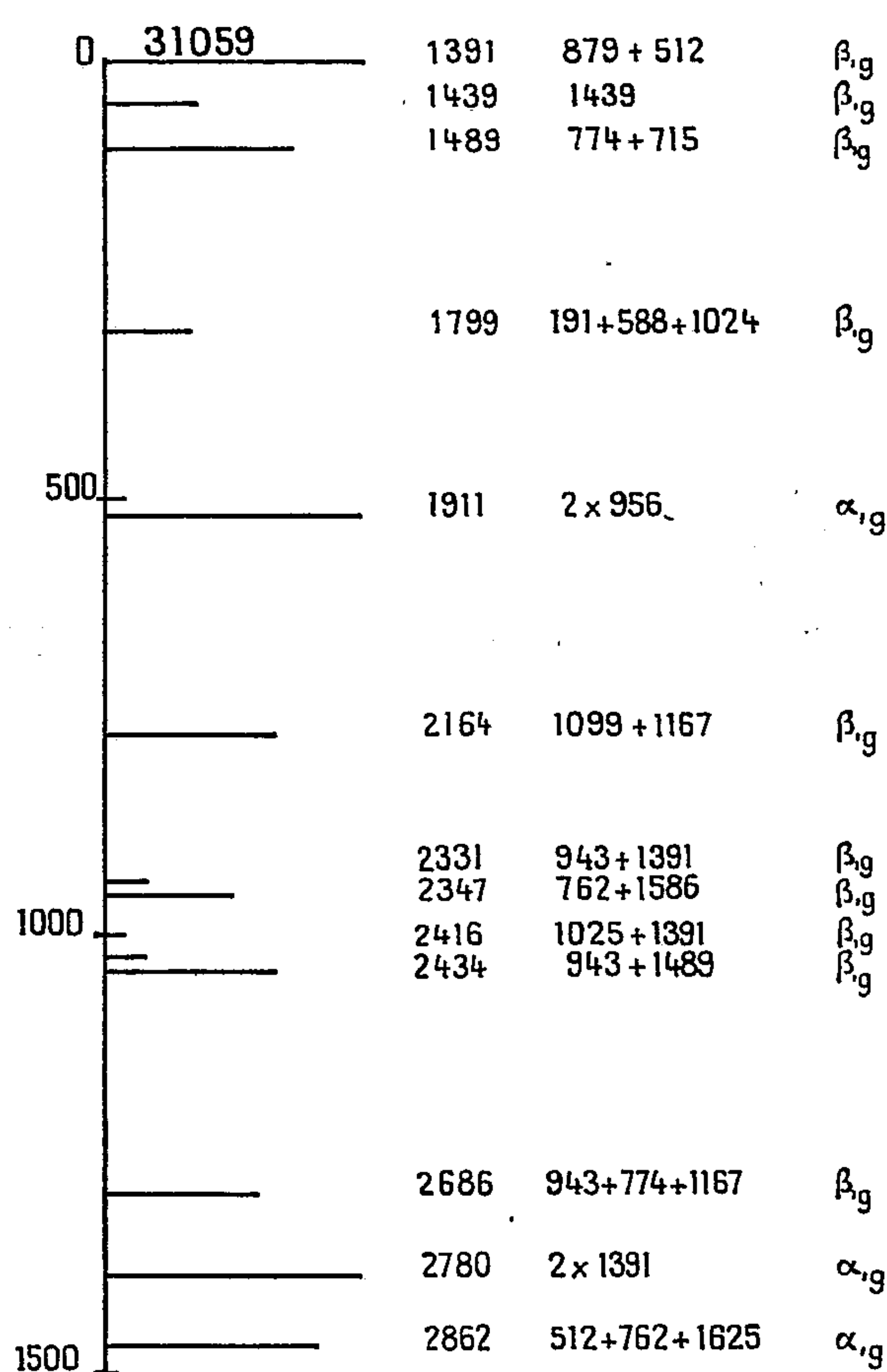
(1) Blumenfield, *J. Phys. Chem. U. R. S. S.*, 21, 1947, p. 529; D. P. Craig, *Disc. Far. Soc.* 9, 1950; J. Platt, *J. Chem. Phys.*, 17, 1949, p. 484; W. Moffitt, *J. Chem. Phys.*, 22, 1954, p. 320; Pariser et Parr, *J. Chem. Phys.*, 21, 1953, p. 959.

(2) Brodersen, *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 1094; P. Pesteil, *Comptes rendus*, 235, 1952, p. 150; P. Craig et Lyons, *J. Chem. Phys.*, 20, 1952, p. 1499; D. S. Mac Clure, *J. Chem. Phys.*, 20, 1952, p. 1375; 20, 1952, p. 959; 22, 1954, p. 1668.

(3) *J. Phys. U. R. S. S.*, 7, 1943, p. 168; A. Prikhotjko, *J. Phys. U. R. S. S.*, 8, n° 5, 1944.

pectivement à 31 059, 31 010, 30 800 cm^{-1}. Le déplacement plus marqué de la première bande forte du corps méthylé en position β nous a conduit à choisir une transition parallèle à L, donc du type B_{3u}.

Pour expliquer le spectre de luminescence de quelques composés aromatiques, nous avons été amenés à situer la transition électronique pure loin de la première bande du spectre vers l'ultraviolet. La distance est de 1600 cm^{-1} pour le benzène, de 1570 cm^{-1} pour l'hexachlorobenzène ([4]), de 1500 cm^{-1} pour quelques cétones aromatiques ([4]) et de 1380 cm^{-1} pour les dérivés halogénés du naphtalène.



Par analogie avec le benzène, nous proposons d'expliquer le spectre du naphtalène cristalisé en faisant intervenir un état électronique triplet. L'examen des spectres d'absorption de la vapeur et du cristal à 20° K publiés par

([4]) P. Pesteil, A. Zmerli et L. Pesteil, *Comptes rendus*, 241, 1955, p. 29; A. Zmerli et P. Pesteil, *Comptes rendus*, 240, 1955, p. 2217; P. Pesteil, A. Zmerli et M. Barbaron, *Comptes rendus*, 239, 1954, p. 255.

Prikhotjko ([3]) montre d'ailleurs que le cristal présente entre 33 700 et 36 000 cm^{-1} des bandes qui n'existent dans la vapeur. Il est donc plausible que le spectre de luminescence du cristal à 20° K ne provienne pas du premier niveau singulet calculé pour la molécule libre.

Nous proposons dans le tableau ci-dessus une interprétation des principales bandes du spectre du naphtalène. La transition électronique pure, de symétrie $^3B_{3u}$, est située à 32 440 cm^{-1}. Des combinaisons de vibrations tirées des travaux de Pimentel ([5]), de symétrie β_{1g} donnent à la plupart des bandes une symétrie B_{2u}, d'autres bandes, de symétrie B_{3u}, résultent de combinaisons de vibrations de symétrie α_{1g}. Cette attribution explique à la fois les déplacements du spectre par les méthylations et la polarisation B_{2u}, B_{3u} trouvée par l'un de nous ([2]).

PHYSIQUE MOLÉCULAIRE. — *Les fréquences fondamentales de la calcite, actives en absorption.* Note de Mlle **Jeannine Louisfert**, présentée par M. Jean Cabannes.

Détermination, par absorption, des fréquences fondamentales de la calcite, actives en infrarouge, situées entre 280 et 1500 cm^{-1} : 310 (E_u), 338 (A_{2u}), 712 (E_u), 860 (A_{2u}), 1430 (E_u). Interprétation, au moyen d'une résonance de Fermi, de la forte opacité de la région 1350-1500 cm^{-1} permettant de fixer la vibration E_u de l'ion $CO_3^{=}$ à 1430 cm^{-1}.

Lors de l'interprétation complète du spectre de la calcite par J. Cabannes ([1]), les fréquences de vibration actives en absorption n'étaient connues que par des travaux anciens [absorption et réflexion au-dessus de 700 cm^{-1}, réflexion seulement au-dessous de 700 cm^{-1} ([2])]. Grâce aux progrès de la technique expérimentale, nous pouvons préciser la position des trois vibrations fondamentales actives en absorption dans la région 700-1500 cm^{-1} (vibrations internes de l'ion $CO_3^{=}$). Dans la zone des vibrations externes, nous donnons, pour la première fois, une mesure du spectre d'absorption entre 280 et 700 cm^{-1}. Les nombreuses autres bandes d'absorption entre 280 et 6 800 cm^{-1} seront interprétées dans une Note ultérieure.

Nous avons utilisé une série de spectrographes Perkin-Elmer à simple ou à double faisceau, modèles 12 C, 112, 21, équipés avec une gamme de

---

([5]) Mc Clellan et G. Pimentel, *J. Chem. Phys.*, 23, 1955, p. 245.

([1]) *Revue Scientifique*, 80, 1942, p. 407.

([2]) R. E. Nyswander, *Phys. Rev.*, 28, 1909, p. 291-309; Rubens et Liebisch, *Berliner Berichten*, 1919, p. 198-219; Matossi et coll., *Z. Physik*, 45, 1927, p. 493-507; 39, 1926, p. 648-659; *Physik. Z.*, 48, 1928, p. 616-624; 34, 1933, p. 730-731.

prismes (CsBr, Tl Br Tl I, KBr, NaCl, CaF_2, LiF, verre) et deux spectrographes à réseau, l'un avec comme récepteur une cellule au PbS (du visible à 2 μ) et l'autre construit par A. Hadni [3] qui l'a mis à notre disposition (280-400 cm^{-1}).

1. *Vibrations du réseau.* — Nous avons obtenu les maxima d'absorption suivants : avec une lame cristalline taillée perpendiculairement à l'axe, d'une épaisseur de 10 μ : 310 cm^{-1} (T. F.), 380 à 360 cm^{-1} (large et F.), et avec une couche mince de poudre cristalline très fine : 310 (T. F.), 338 (T. F.), 366 (F.), 385 (F.) cm^{-1}. La bande d'absorption de 338 cm^{-1} ne se présentant pas avec la lame taillée perpendiculairement à l'axe, s'attribue à la vibration parallèle A_{2u}, à laquelle nous faisons correspondre la bande de réflexion de 357 cm^{-1}. Conformément à la théorie (Havelock, Försterling), la bande de réflexion se trouve bien à des nombres d'ondes plus grands que la bande d'absorption. On avait pris pour E_u le nombre d'ondes obtenu par réflexion (330 cm^{-1}), mais, comme ci-dessus, la fréquence de vibration réelle doit se situer plus bas, ce qui nous engage à choisir pour E_u 310 cm^{-1}, qui d'ailleurs correspond à la bande la plus forte. La différence de fréquence entre les maxima de réflexion et d'absorption est la même dans les deux cas (28 cm^{-1}).

2. *Vibrations de l'ion* $CO_3^=$. — Il ne se présente aucune difficulté pour les vibrations E_u (712 cm^{-1}) et A_{2u} (860 cm^{-1}), d'après nos déterminations; mais, jusqu'à présent, aucune précision n'avait été donnée sur la vibration E_u dite de valence. En effet, les précédents auteurs ne sont jamais arrivés qu'à une région d'absorption totale toujours très étendue de 1330 à 1587 cm^{-1} environ. Nous avons rencontré les mêmes difficultés et, avec l'emploi de lames d'épaisseur voisine de 10 μ ou de couches pulvérulentes aussi minces que possible, on arrive à des transmissions ne dépassant pas quelques unités pour-cent. Comme il était impossible de réaliser des lames orientées d'épaisseur moindre, nous avons placé, sur chacun des faisceaux du spectrographe Perkin-Elmer 21, des lames minces d'épaisseur très voisine et convenablement orientées, si bien que l'on observe le spectre d'absorption correspondant pratiquement à la différence d'épaisseur entre les deux lames que l'on peut rendre alors inférieure à 10 μ. C'est la seule région pour laquelle il faille descendre à des épaisseurs aussi faibles pour l'obtention de maxima pointables.

On sait, d'autre part, que la calcite présente, dans la même zone, une très forte réflexion, de sorte qu'à l'absorption considérable s'ajoute la perte par réflexion. Nous avons essayé de l'éviter, au moyen de couches antiréfléchissantes; mais la variation très rapide de l'indice de réfraction

(3) *Revue d'Optique*, 33, 1954, p. 576; *Thèse*, Paris, 1955.

de la calcite ne nous a pas permis jusqu'ici une diminution de réflexion suffisante dans toute l'étendue du domaine 1420-1525 cm^{-1}.

Une face du cristal, perpendiculaire à l'axe, réfléchit 80 à 90 % des radiations incidentes avec des maxima à 1420, 1480, 1525 cm^{-1}. Grâce à notre technique, des maxima d'absorption apparaissent à 1370 et 1480 cm^{-1}.

Pour expliquer, en dehors de la réflexion, l'absorption anormalement forte de cette région, qui se retrouve d'ailleurs dans le spectre de plus courte longueur d'onde, *nous avons émis l'hypothèse de la résonance possible de la combinaison* 712 (E_u) + 714 (E_g) = 1426 cm^{-1} (*de caractère* E_u) *avec le fondamental* E_u *que nous plaçons près de* 1430 cm^{-1}. Il en résulte la possibilité d'une résonance de Fermi, provoquant, ainsi qu'on le sait, un écartement des composantes, qui se mesurent alors à 1370 et 1480 cm^{-1}. En plus du renforcement d'intensité alors aisément explicable, dès lors, nous indiquerons les raisons suivantes pour appuyer le choix de 1430 cm^{-1} environ comme fondamental :

1° La bande de réflexion se trouve à des longueurs d'onde plus faibles et l'écart entre les nombres d'ondes des deux maxima se présente comme bien analogue à celui des maxima d'absorption;

2° Lorsque l'on cherche, d'après les combinaisons et les harmoniques, la position de cette bande fondamentale, on n'aboutit pas au nombre d'ondes mesuré par absorption, mais à environ 1430 cm^{-1};

3° La distance entre les atomes de O et l'atome de C conduit à un nombre d'ondes de 1430 cm^{-1}.

En résumé, la calcite présente le phénomène rare de la presque coïncidence des vibrations E_u (714 et 1432 cm^{-1}) actives dans la diffusion, et des vibrations E_u (712 et 1430 cm^{-1}) actives dans l'absorption. Nous utiliserons ultérieurement ce résultat pour expliquer une grande partie des anomalies du spectre d'absorption de la calcite et de ceux d'autres carbonates que nous avons étudiés.

RAYONS X. — *Recherches préliminaires sur les spectres X d'alliages irradiés aux neutrons rapides*. Note de Mlle **Yvette Cauchois**, présentée par M. Francis Perrin.

Le spectre d'absorption K du nickel dû à des feuilles minces d'alliages de nickel à 5 % dans le cuivre, semble modifié lorsque ces feuilles ont reçu des doses de neutrons rapides de l'ordre de 10^{19} par centimètre carré.

Une étude du spectre d'absorption K du nickel en alliage dilué dans le cuivre avait paru montrer des modifications du spectre qui pourraient

être dues à l'état physique du métal [1]. Il était intéressant de rechercher si des modifications du même genre apparaîtraient par bombardement aux neutrons rapides.

Grâce à J. Thewlis, il nous a été possible de faire procéder à des irradiations à Harwell. Échelonnées sur deux ans, elles ont porté jusqu'ici sur cinq échantillons de feuilles minces (0,01 ou 0,02 mm d'épaisseur), comme indiqué ci-dessous :

Échantillon n°	Nature initiale de l'échantillon.	Dose reçue en nombre de neutrons par cm².	Rapport approximatif des doses.
1................	CuNi 5% laminé	$1,21.10^{19}$	1
2................	CuNi 5% laminé	2,26 »	2
3................	CuNi 5% laminé	3,41 »	3
4................	CuNi 5% recuit	2,24 »	2
5................	Ni pur laminé	1,24 »	1

Les irradiations ont été faites dans l'air, à la température locale, soit environ 30° C. Les échantillons devenus fortement actifs étaient conservés quelques semaines avant leur expédition en France. Un délai supplémentaire de quelques semaines à plusieurs mois s'est montré nécessaire avant que l'analyse spectroscopique puisse être effectuée, notre laboratoire ne disposant pas encore de montage spécial pour étude de matériaux très radioactifs. De telles conditions entraînent une évolution qui peut être importante, des modifications instantanées de l'état du métal dues aux déplacements d'atomes par les neutrons rapides. Malgré la restauration possible, il semble que les alliages irradiés donnent des spectres différents des alliages correspondants, non irradiés. Comme dans notre précédente étude, les observations faites concernent le rapport des sauts d'absorption K_1 et K_2 dont l'ensemble constitue la discontinuité K du nickel métallique. Une analyse photométrique rigoureuse sera nécessaire avant que ces premiers résultats spectroscopiques soient assurés. Mais l'examen comparé de clichés obtenus dans des conditions identiques avant et après irradiation des divers échantillons nous autorise à rapporter ici les faits suivants :

L'échantillon laminé n° 1 montre un rapport K_1/K_2 accru par rapport à l'échantillon témoin; le sens de la variation est le même qu'après recuit thermique. L'échantillon n° 2 montre un rapport K_1/K_2 encore plus fortement accru. L'altération chimique, d'ailleurs peu apparente sur ces deux feuilles irradiées, favoriserait K_2. L'effet dépasse l'effet des recuits réalisés dans notre première étude. Par contre, l'échantillon laminé n° 3 donne des résultats irréguliers suivant la région d'obtention du spectre, ce à

(1) Y. Cauchois et I. Manescu, *J. Chim. Phys.*, 47, 1950, p. 892.

quoi il fallait s'attendre car il est manifestement altéré et d'une manière irrégulière. Oxydations ou sulfurations doivent *a priori* diminuer le saut K_1 au bénéfice des discontinuités des composés formés dont les fréquences sont très voisines de K_2. Cette variation du rapport K_1/K_2 en faveur de K_2 pourrait entrer en compétition avec son accroissement par irradiation, s'il existe, comme certains spectres de régions saines de la feuille absorbante semblent l'indiquer. Ce cas étant écarté, il semble que l'on ait obtenu par irradiation d'un échantillon laminé une modification du spectre comparable à celle due à un recuit; d'où l'on concluerait, avec les réserves qui s'imposent, que le bombardement a agi sur l'alliage à la manière d'un recuit.

L'échantillon n° 4, recuit avant irradiation, a montré un effet inverse : le rapport K_1/K_2 semble avoir diminué après irradiation, l'aspect de la discontinuité tendant à se rapprocher de l'aspect de la discontinuité de l'alliage laminé non irradié. L'inverse devrait se produire si un recuit prolongé à basse température était en jeu.

L'irradiation pourrait donc agir, soit à la manière d'un recuit d'après les résultats sur alliages laminés, soit à la manière d'un écrouissage d'après les résultats sur alliages recuits. On conçoit qu'il puisse y avoir compétition, même simultanée, entre ces deux actions.

Quant à l'échantillon n° 5 du nickel laminé pur, il ne montre pas un résultat assez net pour que nous en fassions état. Il en était d'ailleurs de même dans l'étude du recuit simple. Nous avions expliqué pourquoi le nickel dilué dans le cuivre pouvait manifester plus clairement que le nickel massif les modifications du taux d'imperfection du métal (2).

Toute tentative d'interprétation serait vaine sur ces expériences préliminaires et isolées. Elles semblent montrer pour la première fois que les spectres X pourraient être un test de l'action des rayonnements sur les solides. Elles nous incitent seulement à poursuivre l'expérimentation sur des échantillons de haute pureté, dans des conditions plus rigoureuses évitant au maximum l'altération chimique.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Propriétés des étoiles de désintégration nucléaire dans les émulsions diluées exposées aux protons de* 1 000 MeV. Note (*) de M. Georges Philbert, présentée par M. Frédéric Joliot.

Étude des caractéristiques des étoiles dues aux interactions des protons de 1 000 MeV avec les noyaux des émulsions nucléaires $G_5 2\times$ et $G_5 4\times$. On en déduit quelques résultats très généraux concernant les interactions avec les noyaux légers.

---

(2) *Loc. cit.*

(*) Séance du 26 septembre 1955.

L'examen des étoiles dues aux interactions des protons de 1 000 MeV avec les noyaux d'émulsions nucléaires de diverses compositions a montré que, à cette énergie, le critère de la barrière de potentiel était insuffisant pour distinguer les interactions avec les noyaux lourds (Ag, Br) de celles avec les noyaux légers (C, N, O) ([1]). Cette étude peut se faire par utilisation de méthodes statistiques différentielles. Nous rapportons ici les premiers résultats obtenus dans cette voie.

429 étoiles ont été repérées au cours d'un dépouillement en surface d'émulsion G_5 normales, diluées $2\times$ et $4\times$ exposées au faisceau de protons du synchrotron de Birmingham. Les principales données numériques obtenues sont indiquées ci-après :

1° *Nombre moyen de branches par étoile dans les différents types d'émulsions* ([2]) :

G_5 : $5{,}72 \pm 0{,}31$; $G_5\, 2\times$: $5{,}65 \pm 0{,}17$; $G_5\, 4\times$: $5{,}80 \pm 0{,}16$.

(Les erreurs sont les erreurs statistiques.)

2° *Nombre moyen de branches par étoile possédant une branche courte* (de longueur inférieure à 55 μ pour l'émulsion $G_5\, 2\times$, à 60 μ pour l'émulsion $G_5\, 4\times$, correspondant à l'émission d'un α de moins de 8 MeV) et présentant un nombre total de branches inférieur ou égal à 8. La plupart de ces étoiles sont dues à des interactions avec les noyaux légers

$G_5\, 2\times$: $5{,}18 \pm 0{,}50$; $G_5\, 4\times$: $5{,}70 \pm 0{,}48$; $G_5\, 2\times + G_5\, 4\times$: $5{,}45 \pm 0{,}36$.

3° *Calcul des nombres de branches* N^l *et* N^L *par étoile de désintégration de noyaux légers et lourds* d'après la différence entre deux statistiques portant l'une sur les émulsions G_5 nor. et $G_5\, 2\times$, l'autre sur l'émulsion $G_5\, 4\times$; les sections efficaces d'interaction admises sont celles de la théorie de Fernbach, Serber et Taylor :

$$N^l = 6{,}02 \pm 0{,}85, \qquad N^L = 5{,}54 \pm 0{,}70.$$

L'importance de l'erreur illustre les difficultés que présentent les méthodes statistiques différentielles.

4° *Nombre moyen de traces grises et noires par étoile dans chaque type d'émulsion.* — Sont en principe considérées comme noires les traces dont l'ionisation est inférieure à celle d'un proton de 30 MeV. En l'absence d'un étalonnage précis densité de grains-énergie dans les émulsions diluées, la distinction entre traces grise et noire est très subjective. Pour répartir les cas douteux (10 % des traces grises) on s'est aidé de la valeur de la proportion

---

([1]) G. PHILBERT, *Comptes rendus*, 241, 1955, p. 875.

([2]) L'émulsion G_5 a fait l'objet d'une étude beaucoup plus approfondie de la part de l'équipe de Birmingham.

vers l'avant des traces qui y correspondent. On obtient ainsi pour les nombres moyens de traces grises (N_g) et noires (N_n).

Émulsion G_5 : $N_g = 1,72 \pm 0,25$, $N_n = 4,00 \pm 0,26$;
» $G_5\ 2\times$: $N_g = 1,25 \pm 0,10$, $N_n = 4,40 \pm 0,14$;
» $G_4\ 4\times$: $N_g = 1,54 \pm 0,10$, $N_n = 4,28 \pm 0,14$.

Les nombres moyens de traces grises pour les étoiles ayant une branche courte et un nombre total de branches $\leqq 8$ sont :

Émulsion G_5 : $N_g = 1,33 \pm 0,35$,
» $G_5\ 2\times$: $N_g = 1,44 \pm 0,25$,
» $G_5\ 4\times$: $N_g = 1,46 \pm 0,23$.

Les erreurs indiquées sont les erreurs statistiques. L'erreur réelle est supérieure dans le cas des émulsions $G_5\ 2\times$ et $G_5\ 4\times$ en raison de la difficulté de discrimination entre traces noires et grises.

5° *Proportion vers l'avant des divers types de traces.* — *a.* Proportion vers l'avant de l'ensemble des traces :

$G_5\ 2\times$: $0,64_5 \pm 0,01_4$; $G_5\ 4\times$: $0,66_0 \pm 0,01_4$.

b. Proportion vers l'avant des traces grises :

$G_5\ 2\times$: $0,86 \pm 0,04_0$; $G_5\ 4\times$: $0,87 \pm 0,03_0$.

c. Proportion vers l'avant des traces noires :

$G_5\ 2\times$: $0,54_4 \pm 0,01_5$; $G_5\ 4\times$: $0,60 \pm 0,01_4$.

d. Proportion vers l'avant des traces grises et noires dans les étoiles ayant une branche courte et un nombre total de branches $\leqq 8$:

$G_5\ 2\times + G_5\ 4\times$: $0,70 \pm 0,025$.

Conclusions. — 1° Le nombre moyen de particules chargées émises par désintégration est sensiblement le même, que le noyau en interaction soit un noyau léger ou un noyau lourd. Mais il convient de noter que 20 % environ des désintégrations de noyaux lourds se font avec un nombre de particules chargées supérieur à 8. Ces désintégrations s'expliquent probablement par une émission mésique suivie d'une absorption. Ce processus joue certainement un rôle beaucoup plus faible pour les noyaux légers. On peut donc dire que, pour des processus semblables (chocs nucléon-nucléon exclusivement), les désintégrations des éléments légers se font avec une émission de plus de particules chargées que celles des éléments lourds. Ceci recoupe des résultats antérieurs obtenus à 150 et à 350 MeV.

2° L'interaction d'un proton de 1000 MeV avec un noyau léger aboutit dans la plupart des cas à l'explosion totale de celui-ci en protons, deutons et α.

3° Les résultats sur la répartition angulaire des traces indiquent que la prépondérance vers l'avant est légèrement plus forte pour les interactions avec les noyaux légers que pour les interactions avec les noyaux lourds.

4° Il n'existe pas de différence fondamentale entre les interactions avec noyaux légers suivant qu'elles s'accompagnent ou non de l'émission d'une particule lente.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Théorie des réactions photonucléaires. I. — Modèle nucléaire*. Note (*) de MM. **André Herpin** et **Claude Mercier**, présentée par M. Francis Perrin.

En vue de son utilisation pour la théorie des réactions photonucléaires, on étudie un modèle nucléaire avec potentiel complexe. On détermine son spectre d'énergie et l'on montre que, pour un choix particulier du potentiel complexe, on obtient l'équivalent d'un noyau noir pour certaines valeurs discrètes de l'énergie.

Nous avons signalé ([1]) la possibilité d'interpréter les réactions photonucléaires au moyen d'un modèle à particules indépendantes, la formation du noyau composé étant traduite par l'existence d'un potentiel complexe. Nous supposons que, dans l'état fondamental, le noyau peut être représenté par le modèle des couches. Le photon incident communique son énergie à un nucléon qui passe à un état excité, le reste du noyau étant inchangé. Le nucléon peut alors, soit sortir directement, soit former le noyau composé. Dans ce cas le nucléon perd son caractère de particule indépendante; il est « absorbé ». Le potentiel complexe qui traduit cette absorption doit dépendre de l'énergie, ce qui nous a amenés à généraliser l'équation de Schrödinger :

$$(1) \qquad \frac{i}{\hbar}\frac{\partial}{\partial t}\psi(r,t)=\mathrm{H}\psi(r,t); \qquad \mathrm{H}=\mathrm{H}_0+i\mathrm{V}(r)f(\mathrm{H})$$

Dans une première Note ([2]), nous avons exposé un certain nombre de résultats mathématiques relatifs à de tels opérateurs.

Physiquement, l'étude du spectre se révèle comme particulièrement instructive. Il se compose de trois parties :

a. Un spectre continu de valeurs propres réelles et positives auxquelles appartiennent des fonctions propres oscillantes dont la forme assymptotique est

$$(2) \qquad \frac{\sin(kr+\eta)}{kr}$$

(*) Séance du 19 septembre 1955.

([1]) C. Mercier et A. Herpin, *Comptes rendus*, 237, 1953, p. 556.

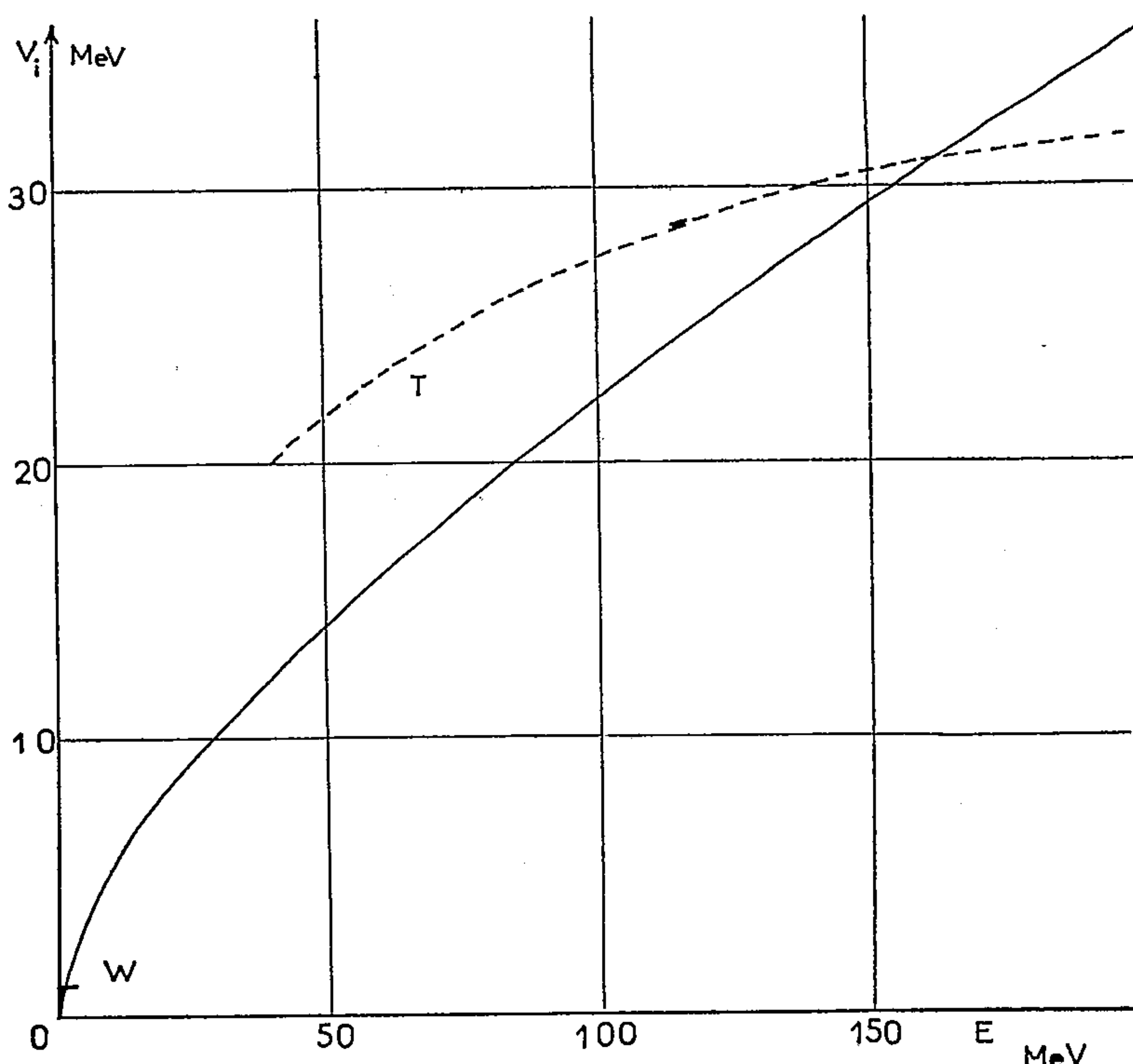
([2]) A. Herpin et C. Mercier, *Comptes rendus*, 241, 1955, p. 177.

η étant une phase complexe déterminée par

$$e^{2i\eta} = e^{-2ikR} \frac{\mathcal{L} - ik}{\mathcal{L} + ik} \tag{3}$$

en désignant par $\mathcal{L}$ la dérivée logarithmique sur la surface nucléaire de rayon R. On peut montrer que le modèle de potentiel complexe conduit à une dérivée logarithmique dont la partie imaginaire est toujours négative. Lorsque $\mathcal{L} = -ik$, η tend vers l'infini, et (2) montre qu'il ne reste plus que des ondes convergentes : le noyau absorbe et ne réfléchit pas (noyau noir).

b. Des valeurs propres discrètes correspondant à des fonctions propres décroissantes à l'infini. Elles se partagent en deux groupes, dont le premier est formé de valeurs propres qui, par continuité proviennent des valeurs propres discrètes de l'hamiltonien sans potentiel complexe. Les valeurs propres du second groupe n'apparaissent que si la partie imaginaire du potentiel est assez grande.



Si le potentiel complexe est assez grand pour qu'une certaine valeur propre de cette espèce existe et que nous le fassions décroître, elle se déplace et tend vers un point de l'axe réel qui est un des points exceptionnels pour lesquels il n'y a plus que des ondes convergentes. Ces points n'existent que pour un certain choix du potentiel complexe.

Pour représenter un noyau très absorbant, il serait normal d'imposer à V_i

une variation avec l'énergie telle que les valeurs propres discrètes se trouvent sur l'axe réel. Il faut pour cela que

(4) $$\mathcal{L} = -ik$$

Cette condition permet une détermination du potentiel complexe en fonction de l'énergie. Si l'énergie est petite, on trouve

(5) $$V_i \# \sqrt{\frac{(2\hbar^2 E)}{m R^2}}$$

Si l'énergie est plus grande, V_i a une forme un peu différente et dépend un peu de l. (5) montre que V_i varie comme $1/R$, ce qui semblerait indiquer que l'interaction entre les nucléons se fait en surface, et que le potentiel complexe constant à l'intérieur du puits ne traduit qu'une moyenne de cette interaction.

La forme de potentiel complexe proposée relie les valeurs obtenues à basse énergie par Feshbach, Porter et Weisskopf ([3]) à celles obtenues à haute énergie par T. B. Taylor ([4]), comme le montre la figure.

CHIMIE GÉNÉRALE. — *Sur les flammes froides des mélanges de pentane et d'oxygène*. Note de MM. **Michel Lucquin**, **Roger Ben-Aïm** et **Paul Laffitte**, présentée par M. Paul Pascal.

Étude des domaines de flammes froides simples et multiples des mélanges n-C_5H_{12}—O_2 en fonction de la pression et de la concentration pour diverses températures. Description des phénomènes à 350°C.

On sait que les flammes froides, auxquelles donne lieu l'oxydation d'un certain nombre de composés organiques en phase gazeuse, se situent à environ 100 ou 200° C au-dessous du domaine d'inflammation normale. Il s'agit d'un phénomène encore assez mal connu par suite de sa complexité, d'autant plus que la plupart des expérimentateurs ont travaillé dans des conditions paramétriques très localisées. En vue de faire un choix parmi les théories proposées pour l'interprétation des phénomènes observés, nous avons entrepris, une étude d'ensemble dans le cas mélanges de n-pentane et d'oxygène.

Poursuivant nos études antérieures, nous avons déterminé les limites d'explosion de différents mélanges entre 0 et 100 % de n-C_5H_{12} dans O_2, ce qui nous a permis d'obtenir le diagramme pression-température-concentration. L'isotherme de 350° C reproduite ici à titre d'exemple correspond au minimum de la première partie des courbes pression-température ([1]).

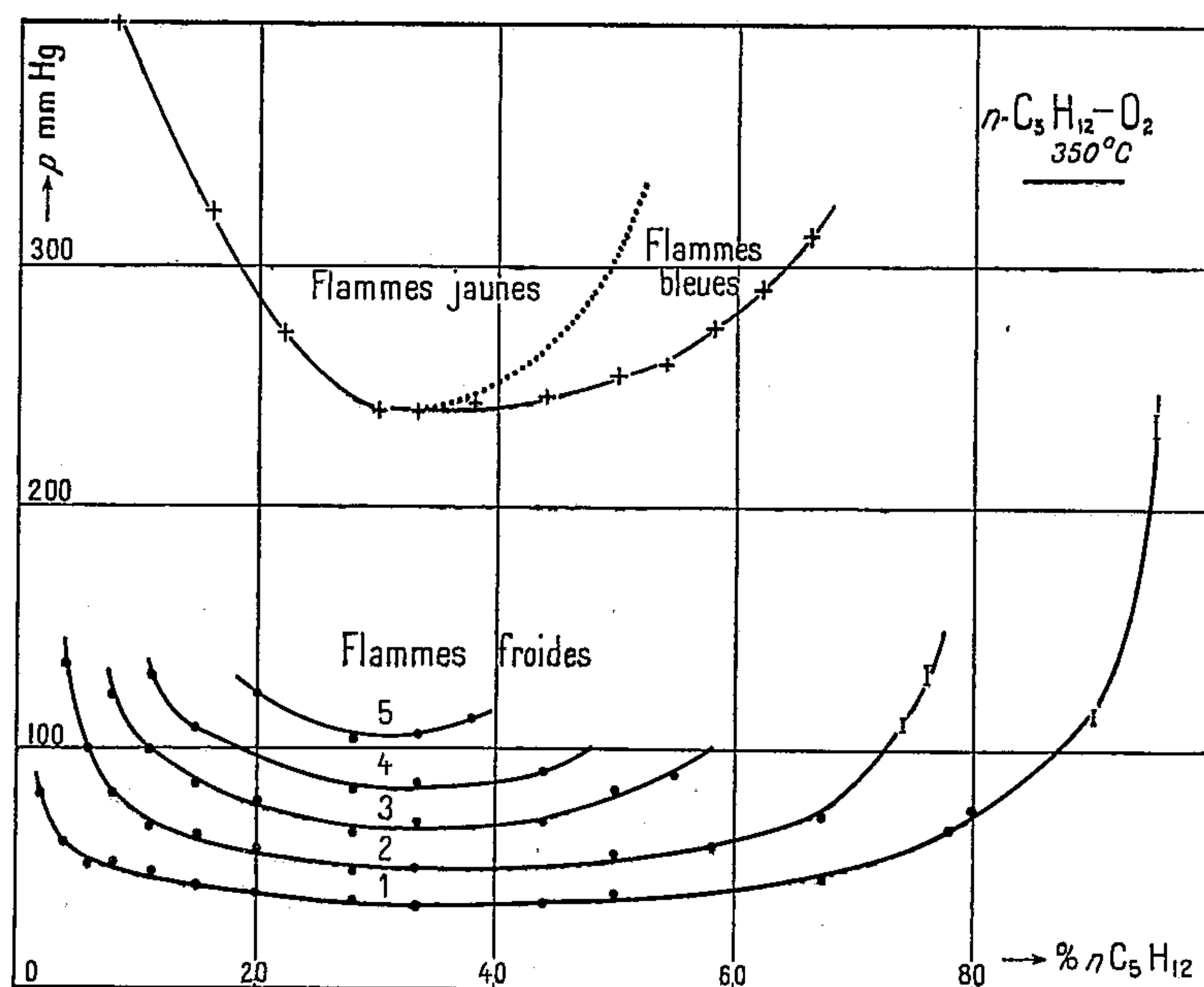
([3]) *Phys. Rev.*, 90, 1953, p. 166.

([4]) *Thèse*, Cornell (U. S. A.).

([1]) M. Lucquin et P. Laffitte, *Comptes rendus*, 240, 1955, p. 1095.

C'est à cette température de 350° C que le phénomène des flammes froides a le maximum d'extension.

On voit sur le diagramme les zones d'existence des flammes froides, simples ou multiples, dont le nombre maximum possible est cinq dans nos conditions expérimentales. Les minimums des différents domaines correspondent à la concentration $C_5H_{12} + 2O_2$. Comme la courbe limitant, toujours à 350° C, le domaine des flammes du second stade (courbe supérieure du diagramme) a aussi son minimum pour la même concentration, on a un nouvel argument en faveur de la théorie suivant laquelle ces flammes prennent naissance dans les produits de la flamme froide.



Nous avons aussi observé un domaine de flammes bleues du second stade comme cela a lieu avec l'hexane ([2]). Cette dernière flamme n'émettant que le spectre de fluorescence du formaldéhyde avec une intensité plusieurs fois supérieure à celle de la flamme froide est donc analogue à celle des aldéhydes et des éthers-oxydes. Quand la concentration en oxygène augmente son intensité lumineuse s'accroît rapidement; elle devient jaune, puis donne lieu à une explosion violente. L'existence de zones importantes de flammes froides à basse et haute concentration en pentane permettra des études ultérieures à plus haute pression; en particulier le mélange stœchiométrique peut être étudié sans danger jusqu'à la pression de 35 cm.

([2]) H. C. Bailey et R. G. W. Norrish, *Proc. Roy. Soc.*, A, 1952, 212, p. 311.

La réaction lente a lieu partout où il n'y a pas de flammes froides, mais n'est observable — au voisinage de la limite —, que dans une certaine zone dépendant de la sensibilité de l'appareil. Il en résulte, en particulier, que la loi approchée de B. Aivazov et M. Neumann ([3]) relative à la période d'induction, ne s'applique pas dans les conditions de nos expériences.

Sur l'isotherme de 385° C qui correspond sensiblement à la seconde partie (c'est-à-dire du côté des températures élevées) de la courbe pression-température limitant vers les basses pressions le domaine de la première flamme froide, on constate comme vient de le signaler E. Fréling dans le cas de l'hexane ([4]), que ce domaine existe pour les concentrations en hydrocarbure inférieures à 50 % et que son minimum se situe à environ 7 %. La température relativement élevée et la forte concentration en oxygène suggèrent, pour ce phénomène, le mécanisme d'une combustion assez complète.

L'étude des zones précédentes de flammes froides sera poursuivie par différentes méthodes : influence perturbatrice de diverses substances sur les limites, analyse des produits de combustion, spectrographie d'émission et d'absorption.

CHIMIE GÉNÉRALE. — *Phénomènes de luminescence dans la combustion du formaldéhyde*. Note de M. **Marcel Vanpée**, présentée par M. Paul Pascal.

On rapporte l'existence de phénomènes de luminescence dans la combustion du formaldéhyde aux températures voisines de 500° C. Ces phénomènes n'ont pu être observés que dans la région où la concentration de formaldéhyde est supérieure à 67 %. On émet l'hypothèse qu'ils sont associés à la décomposition de peroxydes intermédiaires.

Au cours de recherches sur la combustion du méthane, nous avons été amenés à étudier la combustion du formaldéhyde, corps qui apparaît comme produit intermédiaire dans l'oxydation de nombreux composés organiques. Cette réaction a déjà été étudiée à plusieurs reprises aux températures inférieures à 400° C, mais n'a fait l'objet que de rares observations au-dessus de cette température ([1]). Nous l'avons donc examinée aux températures voisines de 500° C et avons constaté qu'elle y est caractérisée par quatre zones bien distinctes, délimitées par le diagramme ci-contre et définies comme suit : A. Une zone de combustion lente et

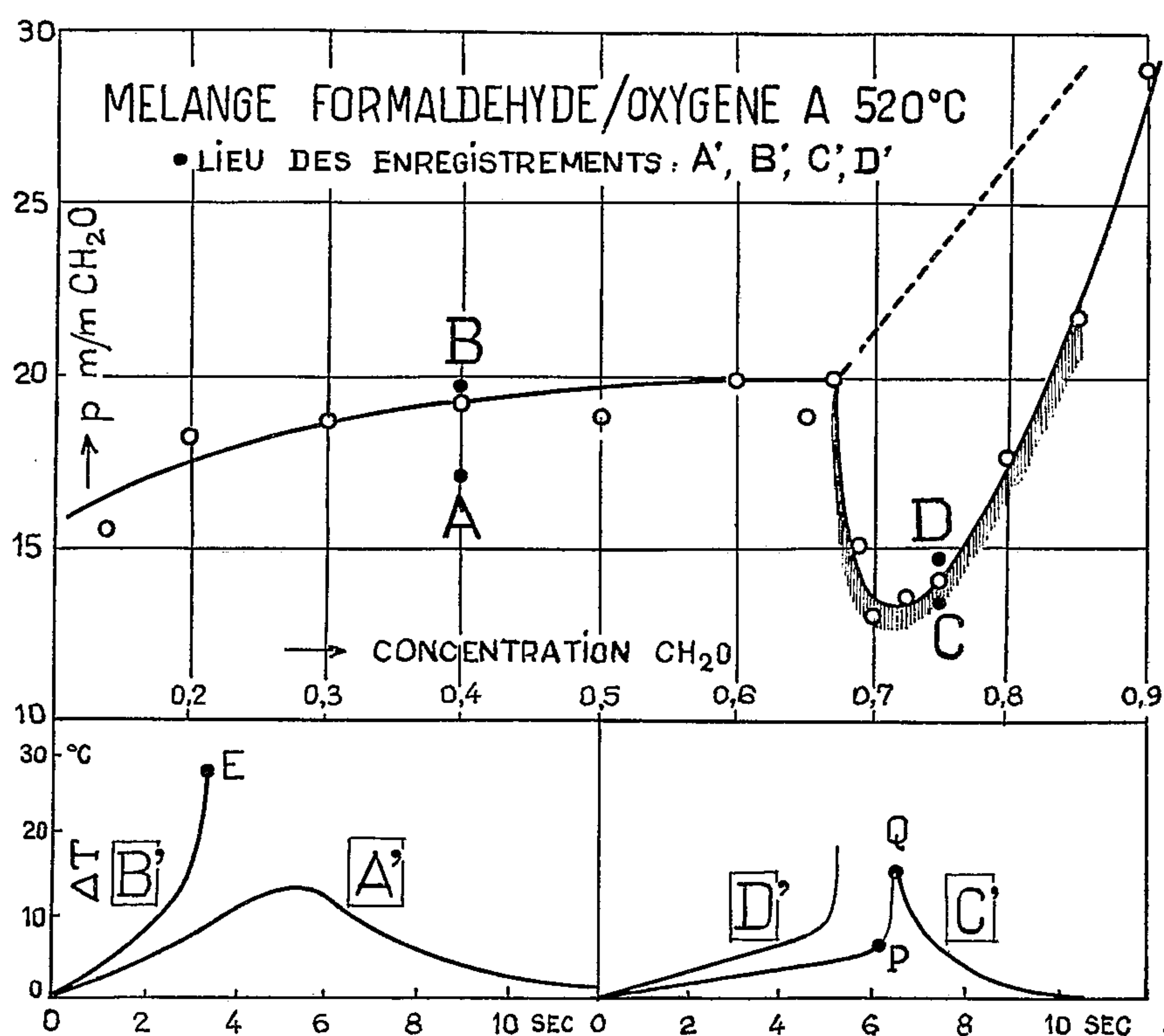
---

([3]) *Z. Phys. Chem.*, B, 33, 1936, p. 349.

([4]) *Thèses*, Paris, 1955.

([1]) Kane, Chamberlain et Townend, *J. Chem. Soc.*, 1937, p. 436; Harding et Norrish, *Proc. Roy. Soc.* A., 212, 1951, p. 300; Vanpée, *Bull. Soc. Chim. Belg.*, 62, 1953, p. 285.

non lumineuse; B. Une zone de flamme vraie très brillante; C. Une zone de luminescence bleuâtre; D. Une zone d'inflammation en deux stades où la luminescence est suivie immédiatement d'une flamme rouge sombre.



La détection de ces diverses zones est rendue beaucoup plus sensible si l'on joint à l'observation visuelle l'enregistrement continu des variations de température. Cette mesure est effectuée à l'aide d'un thermomètre à résistance de réponse inférieure au 1/5e de seconde. L'élément sensible de l'instrument est constitué par un fin fil de Pt-10 % Rh enrobé dans une gaine de quartz de 50 μ de diamètre. Il est placé selon l'axe du récipient de combustion un cylindre en verre pyrex de 18 cm de longueur et de 4,6 cm de diamètre intérieur. A chacune des zones A, B, C, D, correspondent les enregistrements typiques A', B', C' et D' dont voici les principales caractéristiques : A', la dérivée de la courbe A' varie d'une manière continue et régulière; B', la dérivée de la courbe B' est croissante. L'inflammation se déclenche au point E. L'ordonnée de ce point est bien définie. Elle est de l'ordre de 30° C et varie peu avec la concentration, pourvu que cette dernière reste comprise entre 10 et 67 % de formaldéhyde; C', après une variation assez lente, la température croît soudainement pendant la période PQ qui coïncide avec l'apparition de la luminescence.

Ensuite la courbe devient hyperbolique et asymptotique à l'axe des temps; C', la brève luminescence qui précède l'explosion correspond au début de la partie rapidement ascendante de la courbe. Dans la région supérieure droite du diagramme, la limite des zones B et D, représentée par la ligne en pointillé, n'est pas très nette; d'une part, parce que l'ordonnée du point E y a tendance à diminuer avec la concentration de formaldéhyde, d'autre part, parce que le début de la courbe D' s'incurve progressivement lorsque la pression augmente. La limite inférieure de la zone hachurée est le lieu géométrique des points où PQ est égal à 10° C. L'observation visuelle de la luminescence devient incertaine lorsque PQ est inférieur à 2 ou 3° C.

On voit que les limites des zones convergent toutes vers un point d'abscisse proche de 67 %, correspondant donc à l'équation stœchiométrique $2\,CH_2O + O_2 \rightarrow 2\,CO + 2\,H_2O$. D'autre part, le long d'une isobare traversant les zones C et D, la période d'induction nécessaire à l'apparition des phénomènes lumineux croît avec la concentration en oxygène. Ces constatations créent l'impression que ces phénomènes ne font leur apparition dans le mélange réactionnel qu'au moment où l'oxygène s'y trouve consommé. Dans ces conditions, on observerait donc la décomposition, soit rapide (zone C), soit explosive (zone D), de peroxydes intermédiaires.

Nous poursuivons actuellement des analyses dans le but de vérifier cette hypothèse.

CHIMIE NUCLÉAIRE. — *Dosage de substances actinifères au moyen du francium.* Note de Mlle **Marguerite Perey** [1], présentée par M. Frédéric Joliot.

Nous avions établi une méthode de dosage de l'actinium au moyen du francium [2]. Cette méthode présentait l'avantage de pouvoir être appliquée en présence d'impuretés radioactives et quel que soit l'état d'équilibre de l'actinium (*voir* remarque 6). La détermination de la quantité de $^{223}_{87}Fr$, alcalin de 21 mn de période, dérivant directement de l'actinium, est très rapide et donne avec une bonne précision la valeur correspondante de l'actinium. Les quantités dosables par cette méthode sont comprises entre 100 et 0,7 mC. Nous avons cherché à augmenter la sensibilité de la méthode en modifiant les conditions de mesures.

Nous avons établi, sur cinq produits de lanthane actinifère en équilibre avec ses dérivés, la correspondance entre le nombre de millicuries d'acti-

(1) Avec la collaboration technique de Mlle M. Bacher.

(2) M. Perey, *Comptes rendus*, 214, 1942, p. 797.

nium et l'activité, mesurée au compteur-cloche, d'une solution de francium extraite de chaque produit. Nous avons opéré dans les conditions suivantes :

L'oxyde de lanthane actinifère est placé dans une coupelle de cuivre de 3,5 cm de diamètre intérieur en couche inférieure à 0,01 gcm^{-2}, c'est-à-dire qu'il n'y a pas de correction de self-absorption à faire. La coupelle est scellée par une lamelle de verre calibrée dont l'absorption est déterminée expérimentalement. Le produit de lanthane actinifère en équilibre avec ses dérivés — ce qui nécessite trois mois — est mesuré par l'intermédiaire de son rayonnement β à 5 cm d'une chambre dite P_5. Nous avons ainsi la valeur en U. E. S. de ces produits et leur correspondance en millicuries d'actinium d'après les valeurs données ([2]), ([3]), ([4]) (*voir* remarque 1). On effectue ensuite les opérations chimiques déjà indiquées ([2]) : mise en solution du produit, extraction du francium, purification de celui-ci. Mais au lieu d'évaporer à sec dans une boîte de Pétri et de mesurer à la chambre P_5, on amène exactement à 2 cm^3 la solution qui est placée dans une coupelle d'aluminium du Commissariat à l'Énergie Atomique, de 2,87 cm de diamètre. Cette solution est mesurée à l'aide d'un compteur-cloche ayant une fenêtre de 2,1 $mgcm^{-2}$, placée à 7,8 mm du niveau du liquide. Dans ces conditions nous obtenons les résultats suivants :

Produits.	Activité en U. E. S. Ac + dérivés β 5 cm (compte tenu de l'absorption des lamelles).	mC Ac ± 10 %.	Activité en coups/mn de la solution de francium (chromate 2 cm^3) rapportée à t_0.	Correspondance du mC Ac en coups/mn dans les conditions données.
I.......	0,0305 ± 5%	0,0043	1 790 ± 9%	417 000
II......	0,089 ± 1,5%	0,0125	6 070 ± 5%	484 000
III.....	0,250 ± 3%	0,0352	16 780 ± 7%	476 000
IV......	0,300 ± 2%	0,0422	19 160 ± 6%	454 000
V......	0,693 ± 2%	0,0977	44 180 ± 8%	453 000

D'après ce tableau et les résultats obtenus ([2]) nous pouvons, dans des conditions expérimentales données, établir que :

1 mCAc { 7,1 U. E. S. β 5 cm Ac + dérivés ± 10 % (1re méth.),
0,0298 U. E. S. β 5 cm AcK ± 10 % (2e méth.),
457 000 coups/mn compteur-cloche AcK ± 10 % (3e méth.).

Afin de vérifier la validité de ces correspondances, nous avons effectué le dosage du produit V par les trois méthodes qui donnent :

1re méthode : 0,098 mCAc;
2e méthode : 0,094 mCAc;
3e méthode : 0,097 mCAc.

([3]) M. Perey, *J. Chim. Phys.*, 43, 1946, p. 269-278; *Thèse Doctorat d'État*, 1946.
([4]) M. Lecoin, M. Perey et A. Pompei, *J. Chim. Phys.*, 46, 1949, p. 5-6.

Les quantités d'actinium dosables au moyen de cette nouvelle méthode sont de l'ordre de 1 à 100 μC.

La quantité minimum d'actinium dosable par le francium au moyen de la chambre P_5 étant 0,7 mC, la modification que nous venons d'apporter permet de doser, avec la même précision, des quantités 700 fois plus faibles, soit 1 μC, c'est-à-dire $1,3.10^{-8}$ g d'actinium par l'intermédiaire de 3.10^{-16} g de francium.

Remarques. — 1. Nous avons choisi la correspondance :

1 U. E. S. β 5 cm Ac + dérivés : 0,141 mC Ac (Z = 29).

Cette valeur a été établie [*voir* (4), p. 167] en prenant le coefficient $0,185\,Z_0$ comme base, ces résultats ayant été obtenus dans des conditions identiques à celles de la nouvelle détermination, le facteur de correction correspondant à l'influence du support s'annulant.

Ce coefficient a été pris également dans les calculs donnant la correspondance de l'U. E. S. β 5 cm d'AcK [*voir* (4), p. 167]. Une erreur d'impression ayant été faite, nous redonnons la correspondance :

$$1 \text{ U. E. S. } \beta \text{ 5 cm AcK} \begin{cases} 238 \text{ U. E. S. } \beta \text{ 5 cm Ac + dérivés } (Z = 29), \\ 1,08 \text{ mg Ra El } \gamma \text{ 1 cm Pb}, \\ 33,5 \text{ mCAc} \end{cases}$$

2. Nous avons vérifié la masse de la solution de francium mesurée au compteur-cloche. Cette solution contient des chromates et sa masse est très voisine de 2,25 g. Les variations de masse d'une opération à l'autre ne nécessitent aucune correction.

3. Une étude systématique nous a conduit à choisir le volume de 2 cm³ comme étant le plus satisfaisant. Un volume supérieur absorberait une partie du rayonnement, diminuant ainsi la sensibilité de la méthode, un volume inférieur est difficile à obtenir sans perte de matière, et l'évaporation totale donne une couche hétérogène conduisant à des résultats non reproductibles lors de la mesure au compteur-cloche.

4. Le temps zéro (t_0) de la séparation est défini comme dans le précédent dosage (2). C'est le moment de la séparation Ac-Ac K. L'écart est au maximum de 30 s, intervenant dans la proportion de ± 1 % dans l'erreur globale.

5. Les correspondances sont établies avec un compteur et un dispositif expérimental donnés. Une modification peut être apportée. Il suffira d'étalonner à nouveau le dispositif au moyen des produits dosés précédemment, dont la teneur en millicuries est connue.

6. Les quantités d'actinium décelables par cette méthode et par celle de la mesure à la chambre P_5 par l'intermédiaire de ses dérivés sont semblables, c'est-à-dire de l'ordre du microcurie. Mais, pour un dosage,

l'avantage de la nouvelle méthode est d'une part de pouvoir l'effectuer après 2 h de mise en équilibre du francium au lieu d'attendre les trois mois de mise à l'équilibre des autres dérivés, d'autre part de pouvoir le faire en présence d'autres substances radioactives étrangères qui perturbent totalement les mesures à la chambre P_5.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Étude de la distribution des ions sur colonnes échangeuses.* Note de Mlle **Claude Rocchiccioli** et M. **Clément Duval**, présentée par M. Georges Chaudron.

En utilisant un tube contenant huit sachets superposés remplis d'une résine échangeuse de cations, on peut, après permutation d'un certain nombre d'ions de valences diverses, doser le contenu de chaque sac et connaître ainsi le gradient de distribution en fonction de la hauteur.

On a tendance, à l'heure actuelle, à rapporter les séparations sur colonnes échangeuses d'ions et sur colonnes chromatographiques au même processus et à ne donner qu'un seul énoncé pour le phénomène de chromatographie. Or, avec une colonne d'alumine, par exemple, il est relativement facile, après passage d'une solution, de déceler la position des anneaux et de les identifier par leur couleur ou leurs spectres divers. Dans le cas d'une résine d'emploi courant, la couleur généralement sombre, l'état de granulation, etc., ne permettent pas de connaître à quelle hauteur exacte le corps permuté s'est fixé. Jusqu'ici, les physicochimistes et les analystes ne s'en sont guère préoccupés. En vue de recherches théoriques futures sur le mécanisme de l'échange, il pouvait paraître intéressant de connaître comment se fait la distribution d'une ou de deux substances en fonction de la hauteur, ne serait-ce que pour savoir si l'on peut toujours assimiler un tube contenant de la résine à une colonne à plateaux industrielle.

Pour cela, nous avons eu l'idée d'empiler dans un tube vertical huit sacs cylindriques faits de mousseline à 40 fils par centimètre et munis d'une attache numérotée; ces sachets sont garnis complètement de résine. Après écoulement à débit donné, soit 3 à 5 ml par centimètre carré et par minute, d'une certaine quantité d'électrolyte, on lave l'ensemble avec de l'eau pure; on isole les sachets et l'on dépermute individuellement leur contenu. Une analyse permet de connaître avec précision la quantité de substance étrangère retenue dans chacun d'eux. L'étude a porté sur les ions suivants : Na^+, NH_4^+, Zn^{++}, Mg^{++}, Ni^{++}, Cd^{++}, Al^{+++}, Fe^{+++} et Th^{++++}, pris, soit individuellement, soit deux à deux, suivant les cas.

Si les substances se fixent de préférence dans le premier sachet, nous avons été surpris de voir que le sixième à partir du haut, pouvait dans quelques cas, retenir une quantité appréciable du produit étudié. A titre

d'exemple, on trouve ci-dessous les résultats d'analyse relatifs au chlorure de zinc pour donner une idée du mode de distribution du cation Zn^{++} sur une hauteur globale de 24 cm :

N° des sachets.	Volume élué (ml).	Poids de zinc (mg).
1	110	86,5
2	86	15,5
3	78	5,0
4	90	12,5
5	100	26,0
6	180	73,5
7	100	47,5
8	110	42,5

Le fer trivalent, le magnésium et l'aluminium se comportent exactement comme le zinc. Il n'en est pas toujours ainsi. Le cation Na^{+} se répartit dans les deux premiers sacs seulement :

N° des sachets.	Volume élué (ml).	Poids de sodium (mg).
1	340	53
2	93	10
3 à 8	–	0

L'ammonium, le cadmium, le nickel et le thorium se distribuent de la même façon. Ces résultats sont relatifs à des cations isolés. Nous avons aussi étudié la répartition sur les colonnes des mélanges binaires : sodium + ammonium, zinc + magnésium, cadmium + nickel, fer + aluminium. Les nombres précédents sont modifiés mais l'allure de la distribution reste la même comme on le voit dans le tableau suivant où les poids sont donnés en milligrammes.

N° des sachets.	Nickel seul.	Cadmium seul.	Nickel en mélange.	Cadmium en mélange.
1	196	78	135	182
2	0	33	12,5	51
3 à 8	0	0	0	0

Ces quelques résultats analytiques sélectionnés dans notre étude générale semblent nous montrer les faits suivants : 1° la distribution sur colonne échangeuse de cations est complètement différente de la distribution sur colonne adsorbante pour chromatographie; 2° dans quelques cas, les ions permutés ne se trouvent que sur le premier quart de la hauteur du récipient, il est possible d'imaginer pour la rapidité des opérations analy-

tiques et techniques, un agencement de la résine en cuves larges et plates plutôt que dans des tubes étroits; 3° le maximum de substance trouvé aux 3/4 de la hauteur ne s'explique pas d'une manière simple en relation avec le poids atomique, le rayon ionique, la valence, etc. Le phénomène peut s'interpréter par une séparation sur la colonne, de solvates différents. Le chlorure d'ammonium, par exemple, est anhydre et ne se combine pas à l'eau puisque le spectre infrarouge du solide et de la solution aqueuse sont identiques. D'autres chlorures, au contraire, donnent deux ou plusieurs hydrates mélangés, en équilibre, à la température et à la concentration de l'expérience. L'un des hydrates (ou mieux solvate) se permuterait dans le sac frontal, chassant l'autre, plus gros ou plus petit vers le sixième sac, mais pourquoi le sixième et non pas le cinquième ? L'emploi conjugué de notre technique avec l'absorption infrarouge de solutions aqueuses (en cours d'étude) pourra sans doute servir à éclaircir ce curieux phénomène.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Étude quantitative de la réactivité des cétones et chloro-2 cétones alicycliques (cycles moyens). Cinétique d'addition de l'acide cyanhydrique.* Note (*) de MM. **Max Mousseron**, **Jean Jullien** et **Paul Fauché**, présentée par M. Marcel Delépine.

Les constantes de vitesse bimoléculaire, en milieu tamponné, de l'addition de CNH sur les trois cyclanones en C_5, C_6 et C_7, sur l'acétone, ainsi que sur leurs homologues 2-chlorés ont été déterminées. Au terme de la discussion des influences structurelles, une interprétation est donnée de l' « accélération cyclohexanique », basée sur le nombre de configurations des structures envisagées, tel qu'il résulte d'analyses géométriques.

A partir des mêmes considérations préliminaires ([1]), on obtient les résultats ci-après :

Solvant : H_2O/EtOH (50/50). Tampon : AcONa(0,036)/AcOH(0,16)
$(R_2C{=}O) = (CNH) \simeq 0,1$ N. Ea en Kcal molg^{-1}, k en m^{-1} mol-g^{-1}.l.

	$k_{(10°)}$.	$\frac{k}{k_{ac}}$.	Ea.	log B.	$\frac{Ea}{\log B}$.	$\frac{k_{Cl}}{k_H}$.
Me—CO—Me	$6,0.10^{-4}$	1	17,7	10,4	1,70	–
Cyclopentanone........	$4,7.10^{-4}$	0,8	19,5	11,8	1,65	–
Cyclohexanone.........	100.10^{-4}	17	13,4	8,4	1,59	–
Cycloheptanone........	10.10^{-4}	1,7	14,8	8,5	1,75	–
CH_2Cl—CO—CH_3.....	$7,8.10^{-2}$	$1,3.10^2$	13,9	9,7	1,43	130
Cl-2 cyclopentanone....	$2,7.10^{-2}$	$0,5.10^2$	11,5	7,4	1,55	57
Cl-2 cyclohexanone	10.10^{-2}	$1,7.10^2$	16,5	11,9	1,39	10
Cl-2 cycloheptanone....	$1,5.10^{-2}$	$0,3.10^2$	13,8	8,9	1,51	15

(*) Séance du 19 septembre 1955.

([1]) *Comptes rendus*, **241**, 1955, p. 886.

1. Nous constatons ici que la cyclohexanone a une vitesse nettement accélérée par rapport à ses homologues. Toutefois, cette « accélération cyclohexanique » ne s'étend pas aussi fortement aux cétones chlorées.

2. Comme précédemment ([1]), les coefficients de température varient tous deux d'une manière notable : les variations relativement faibles de k sont dues à une compensation partielle de ces deux valeurs, et il est impossible de les interpréter sur la base des seules variations de l'un ou de l'autre des coefficients.

3. Comme pour les cétones acycliques, on constate une accélération notable par le chlore, cependant moins marquée pour la chloro-2 cyclohexanone que pour ses homologues.

Nous ne pourrons que vérifier sur la formule donnant $\Delta\Delta \overset{\neq}{G}$ si telle ou telle hypothèse est compatible avec les données ([1]).

Les variations d'énergie potentielle relative d'activation, introduites précédemment, ne semblent pas pouvoir rendre compte de l'« accélération cyclohexanique » : l'hyperconjugaison, égale pour les trois composés cyclaniques, ne devrait apparemment introduire aucune différence appréciable de vitesse; l'encombrement stérique ne pourrait conduire qu'à un ralentissement progressif dans la série C_5, C_6 et C_7 ; toute hypothèse faisant intervenir des déflexions de valence, C—H, C—C, C—O, en termes d'énergie potentielle, ne semble pas devoir introduire de différences appréciables entre C_6 et C_7 également non tendus.

Pour interpréter l' « accélération cyclohexanique », nous devons faire intervenir le terme des fonctions de partition, de la formule $\Delta\Delta G^{\neq}$. En se basant, comme l'on fait Bauer, Magat et M[lle] Ivanoff ([2]), sur le parallélisme entre fonctions de partition et degrés de liberté (ou encore nombre de configurations possibles), de la molécule ou du complexe de transition envisagés, on peut remarquer que le passage, pour une cétone acyclique quelconque, de l'état initial à l'état de transition, correspond à une certaine limitation des degrés de liberté, car dans ce complexe, la molécule est soumise à un nombre plus grand de liaisons que dans l'état initial. Par contre, les cétones cyclaniques à cycle moyen se comportent différemment : en effet, le cycle en C_5, initialement tendu, ne voit pas ses degrés de liberté comparativement diminués d'une manière sensible, dans l'état de transition. Le cas du cycle en C_6 nécessite l'exposé préalable de quelques résultats géométriques, dont il est impossible ici de donner la démonstration : la cyclohexanone initiale, gauche, possède cinq angles « tétraédriques » (109°28′), et un angle cétonique (120°), et peut exister géométriquement sous deux formes « chaises » et deux formes « bateaux » non tendues. La cyanhydrine finale, gauche, à six angles « tétraédriques », peut exister sous douze formes « chaises » et une infinité de formes « bateaux ».

([2]) *J. Chim. Phys.*, 47, 1950, p. 914.

Par conséquent, que l'on accepte ou non l'hypothèse de la structure exclusivement « chaise » du cycle hexanique, l'état de transition se trouve favorisé par rapport à l'état initial, du point de vue du nombre de configurations possibles; il est donc certain que le terme de fonction de partition entraîne une augmentation de la vitesse selon l'équation de $\Delta\Delta G^{\neq}$. L'étude sur modèle du cycle en C_7 le situe entre le C_6 et le C_5, c'est-à-dire conformément aux résultats expérimentaux.

En conclusion, alors que la considération de l'énergie potentielle seule ne parvient pas à rendre compte des vitesses observées, la seule considération des fonctions de partition y suffit. Il est cependant possible que les constantes expérimentales dépendent également des termes d'énergie potentielle (encombrement stérique, déflexions des valences C—O, C—H, C—C, notamment), qui n'ont pu être mis en évidence.

Cette analyse en fonction du nombre de configurations, semble faire intervenir les seules notions de base susceptibles d'interpréter l' « accélération cyclohexanique ». Elle fait prévoir un « ralentissement cyclohexanique », expérimentalement constaté, dans le cas de la déshalogénation mono- ou bimoléculaire des halogénures alicycliques (cycles moyens), car dans ce cas, l'état initial (structure hexagonale avec six angles tétraédriques), est favorisé, et l'état de transition (structure hexagonale avec cinq angles tétraédriques et l'angle à 120°), est défavorisé.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur quelques nouveaux acides quinoléine-carboxyliques-4 et leurs dérivés.* Note de MM. **Raymond Delaby**, **Georges Tsatsas** et **Xavier Lusinchi**, présentée par M. Marcel Delépine.

En appliquant la réaction de Pfitzinger à un certain nombre de dialcoylméthylènedioxy-3.4 phénylcétones, les auteurs ont obtenu des acides (dialcoylméthylène dioxy-3'.4' phényl)-2 quinoléine carboxyliques-4 et quelques-uns substitués en plus par un radical phényle en 3. Ils en ont ensuite préparé les esters méthyliques et les hydrazides correspondants.

Il y aura bientôt 50 ans que l'acide phényl-2 quinoléine carboxylique-4 (cinchophène) est utilisé en thérapeutique dans la diathèse goutteuse ou arthritique d'origine urique. Analgésique et antipyrétique, il mobilise et favorise l'excrétion des réserves uriques; il est aussi cholagogue et cholérétique. Encore son emploi doit-il être surveillé et l'on conseille une administration discontinue.

Plus récemment, on a montré que l'hydrazide du cinchophène ([1]) possédait *in vitro* une activité antituberculeuse vis-à-vis du Bacille de Koch qui, tout en

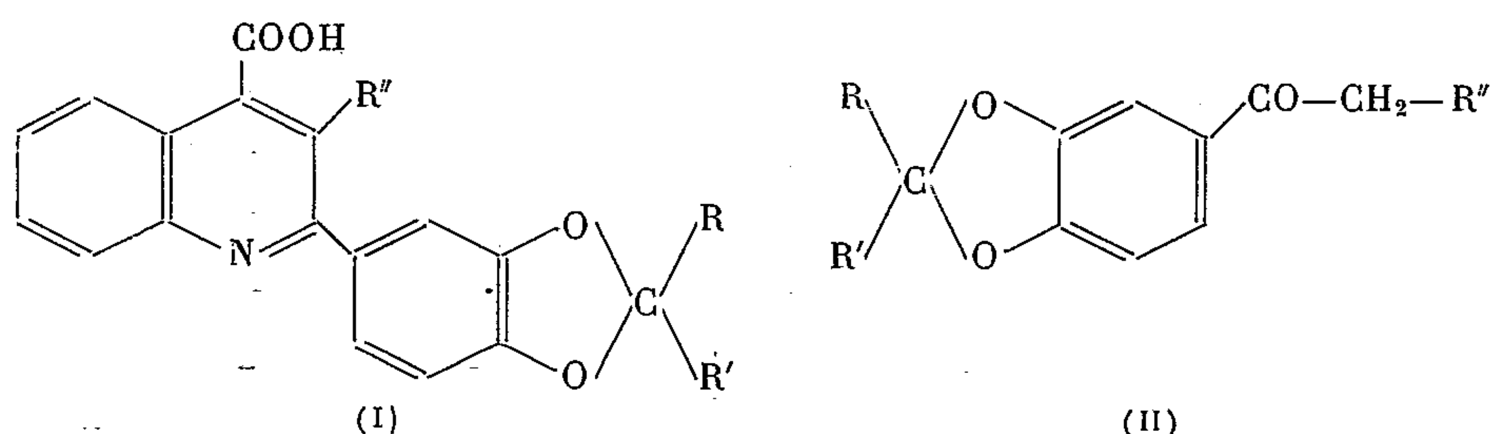
([1]) D. Libermann et coll., *Bull. Soc. Chim. France*, 21, 1954, p. 1435.

étant inférieure à celle de l'isoniazide, n'en était pas moins appréciable. Cependant on considère que les propriétés tuberculostatiques de ce dernier ne sont pas propres à cette seule molécule ; elles peuvent être trouvées dans d'autres séries ([2]).

Enfin, on sait que le groupement méthylènedioxy augmente en général l'activité pharmacodynamique de la molécule sur laquelle on le fixe.

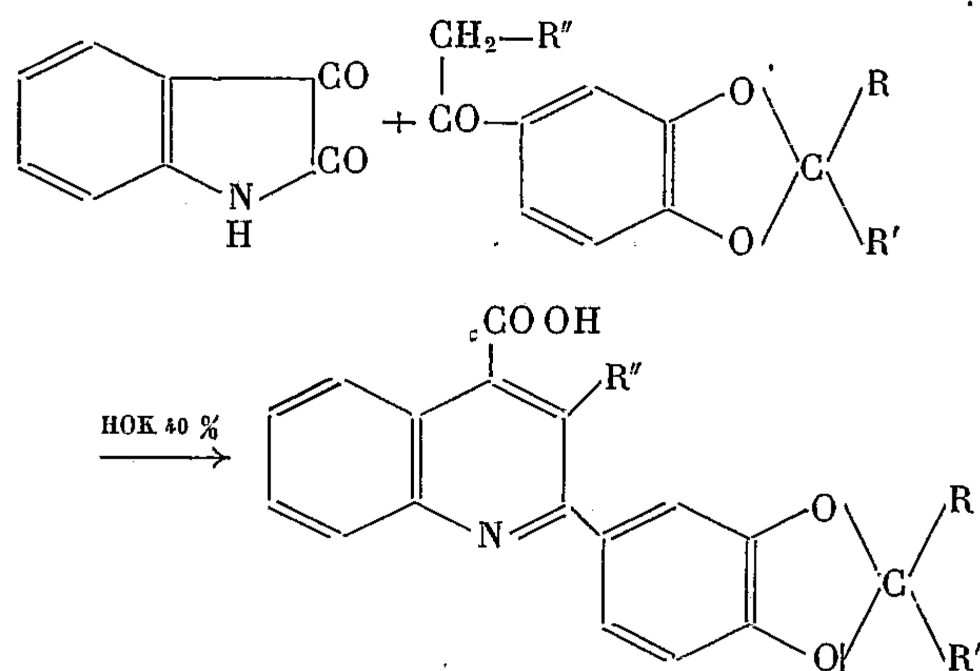
Ces considérations nous ont amenés à préparer une série de composés nouveaux de la quinoléine, dont l'étude chimique fait l'objet de la présente Note.

Il s'agit des acides (dialcoylméthylènedioxy-3'.4' phényl)-2 quinoléine carboxyliques-4 et (dialcoylméthylènedioxy-3'.4' phényl)-2 phényl-3 quinoléine carboxyliques-4, répondant à la structure (I), ainsi que leurs esters méthyliques et les hydrazides correspondants :



(I) (II)

On accède aux acides (I) en partant des dialcoylméthylènedioxy-3.4 phénylcétones (II), préparées précédemment par l'un de nous ([3]); on les condense avec l'isatine en milieu alcalin selon la très ancienne réaction indiquée par Pfitzinger ([4])



([2]) N. P. Buu-Hoï et coll., *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 1925; Offe, Siefken et Domagk, *Naturwissenschaften*, 39, 1952, p. 118.

([3]) J. Hoch et G. Tsatsas, *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 2610; G. Tsatsas et J. Hoch, *Comptes rendus*, 236, 1953, p. 494.

([4]) W. Pfitzinger, *J. Prakt. Chem.*, 33, 1886, p. 100; 38, 1888, p. 582.

où R et R′ représentent divers alcoyles ou le cyclohexylidène, et R″ = H ou C_6H_5.

Lorsque R″ = H, la réaction est complète au bout de 8 heures de chauffage au bain-marie. Par contre, si R″ = C_6H_5, c'est-à-dire en effectuant la condensation avec les désoxybenzoïnes substituées, il convient de réaliser un mélange homogène par addition d'une quantité suffisante de propanol et de prolonger le chauffage à reflux pendant 50 heures.

Nous avons ainsi isolé huit nouveaux acides quinoléine carboxyliques (I) diversement substitués, dont les constitutions sont indiquées ci-après :

			Acides.		Esters méthyliques.	Hydrazides.	
R	R′	R″	F (°C).	Rdt (%).	F (°C).	F (°C).	Rdt (%).
CH_3	CH_3	H	235-236	81	97	184-185	93
CH_3	C_2H_5	H	208-209	80	laque	152-153	73
C_2H_5	C_2H_5	H	180-181	80	59-60	139-141	74
nC_3H_7	nC_3H_7	H	158-159	76	laque	131-132	73
(cyclohexylidène) =		H	220-221	75	117-118	176-177	78
CH_3	C_2H_5	C_6H_5	285	85	101-102	–	–
C_2H_5	C_2H_5	C_6H_5	293	88	132	–	–
nC_3H_7	nC_3H_7	C_6H_5	225-226	81	126	–	–

Pour l'estérification du carboxyle, diverses modalités furent essayées. Par saturation à l'aide du gaz chlorhydrique d'une solution méthanolique de l'acide, on peut obtenir 25 % d'ester, 15 minutes après l'achèvement de cette saturation ; mais il n'y a plus trace d'ester après une nuit de repos à la température ambiante. Ce résultat n'est pas surprenant étant donné la fragilité du pont dialcoylméthylènedioxy en présence d'ions H^+. Le sulfate neutre de méthyle préalablement lavé avec une solution de carbonate alcalin fournit à froid 70 % d'ester que l'on obtient d'autre part quantitativement par ébullition du mélange du sel d'argent de l'acide et d'iodure de méthyle en solution benzénique. Mais c'est le diazométhane qui donne les meilleurs résultats en produits très purs. Les esters méthyliques inscrits dans le tableau sont des solides bien cristallisés ou des laques se sublimant sans décomposition.

A partir de ces esters, nous avons pu passer aux hydrazides correspondants, en les maintenant à l'ébullition durant plusieurs heures avec un excès d'hydrate d'hydrazine en solution alcoolique. Les rendements sont satisfaisants (*cf.* tableau).

Une étude pharmacodynamique de ces composés est menée parallèlement.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Nouveau procédé de préparation du bromo-1 chloro-4 butane*. Note de MM. **Marcel Servigne**, **Étienne Szarvasi** et Mlle **Liliane Neuvy**, présentée par M. Marcel Delépine.

Le bromo-1 chloro-4 butane est une matière première de valeur dans les synthèses organiques. Il sert notamment de produit de départ dans une synthèse récente de la *dl*-lysine (1).

Ce produit est connu depuis les travaux de Starr et Hixon (2). Ces auteurs utilisent le tétrahydrofuranne, comme matière première, que l'on transforme par l'acide chlorhydrique gazeux, en δ-chlorobutanol. Ce produit est isolé après deux distillations, la première ne fournissant qu'un produit brut distillant sur 10° d'intervalle.

En faisant réagir le δ-chlorobutanol avec PBr_3, on obtient le bromo-1 chloro-4 butane après avoir traité le mélange réactionnel à l'eau, extrait à l'éther, séché la solution éthérée et distillation. La réalisation de ce procédé est onéreuse, sa durée est longue et le rendement total à partir du tétrahydrofuranne, ne dépasse pas, dans le meilleur des cas, 52-53 %. En outre, l'emploi de l'éther est un grave inconvénient lors de la transposition du procédé à grande échelle, ainsi que celui du tribromure de phosphore, lequel est un réactif coûteux.

Le rendement en δ-chlorobutanol peut varier dans de larges proportions, ce produit se recyclant pendant la distillation en reformant du tétrahydrofuranne et de l'acide chlorhydrique.

Melvin et collaborateurs (3) se sont rendus compte de cet inconvénient en évitant la distillation du δ-chlorobutanol. Cependant, pour sa transformation en bromo-1 chloro-4 butane, ils ont utilisé le tribromure de phosphore.

Nous avons trouvé que le bromo-1 chloro-4 butane peut être obtenu d'une façon simple et économique en traitant le δ-chlorobutanol brut, non distillé, provenant de la réaction du tétrahydrofuranne avec de l'acide chlorhydrique gazeux, par du brome, en présence de phosphore. Le rendement total en bromo-1 chloro-4 butane, à partir du tétrahydrofurane, est de 66-69 %.

Partie expérimentale. — 1° *δ-Chlorobutanol*. — Placer dans un ballon à trois tubulures, muni d'un dispositif de chauffage, d'un thermomètre, d'un réfrigérant à reflux et d'un diffuseur à plaque poreuse : 500 g (6,95 mol) de tétrahydrofuranne et des traces de Cl_2Zn.

On introduit dans le liquide bouillant un courant d'acide chlorhydrique gazeux et sec, à raison de 20 l de gaz à l'heure. Le débit de l'acide chlorhy-

(1) M. Servigne et E. Szarvasi, *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 1595.

(2) *J. Amer. Chem. Soc.*, 56, 1934, p. 1595.

(3) Melvin, Newman et Wotig, *J. Amer. Chem. Soc.*, 71, 1949, p. 1292.

drique gazeux est mesuré à l'aide d'un gyromètre. La réaction est terminée lorsque la température du liquide atteint 106°. Rdt 720 g = 96 % (Rdt th. 750 g).

2° *Bromo-1 chloro-4 butane.* Br — $(CH_2)_4$ — Cl. — On place dans un ballon de 6 l à quatre tubulures, muni d'une ampoule à brome, d'un thermomètre, d'un agitateur et d'un réfrigérant à reflux : 1728 g (16 mol) de δ-chlorobutanol brut et 168 g (16 atomes/3) de phosphore rouge.

On y ajoute goutte à goutte, par l'ampoule à brome, à une température comprise entre 0 et 20° : 1728 g (16 atomes + excès de 35 %) de brome pur.

L'addition terminée, on laisse réchauffer le mélange doucement, puis on le chauffe au bain-marie, jusqu'à cessation du dégagement d'acide bromhydrique. On entraîne le chlorobromobutane formé à la vapeur d'eau. On décante la couche organique, on extrait la couche aqueuse avec 1800 cm³ environ de benzène. On réunit les deux couches, puis on distille le benzène et le produit, sous vide, en présence de 16 g (1 g/mol de δ-chlorobutanol) de diéthanolamine.

On récupère 1600 cm³ de benzène. On obtient de 1885 à 1980 g de liquide incolore, $É_{10}$ 59°-62°; Rdt 69-72,2 %. (Rdt th 2740 g.) + une faible quantité de tête et de résidu dans le ballon.

Constantes : n_d^{25} 1,4892; d_4^{24} 1,5348.

Le bromo-1 chloro-4 butane est identifié par ses constantes, ainsi que par sa transformation en acide α-benzoylamino ε-chlorocaproïque [1].

Notons encore qu'une préparation rapide du δ-chlorobutanol consiste à chauffer du tétrahydrofuranne avec de l'acide chlorhydrique en solution aqueuse commerciale. Le rendement est de l'ordre de 34 %.

GÉOLOGIE. — *Intérêt sédimentologique de la mesure des radioactivités naturelles.* Note de M. **André Rivière**, transmise par MM. Charles Jacob et Francis Perrin.

Des exemples montrent que la détermination de la radioactivité naturelle des sédiments peut apporter une contribution précieuse aux études sédimentologiques.

Les mesures ont été effectuées au moyen d'un gammaphone par comptage des tops pendant 10 mn à chaque station, la faiblesse de la radioactivité ne permettant pas l'emploi des compteurs à intégration. Les observations ont été souvent répétées, au même point ou à faible distance. Des expériences de contrôle ont montré que, dans ces conditions, des écarts relatifs égaux ou supérieurs au 1/10ᵉ sont rares. Les résultats ont été exprimés en « coups-minute ». Trois études de portées différentes sont seules présentées ici.

I. La plage qui s'étend des rochers de Saint-Aygulf à la rivière de Saint-Raphaël (Var) montre une décroissance de la radioactivité d'abord

rapide : 30 sur les rochers, 23 à moins de 200 m au Nord-Est; lente ensuite jusqu'au-delà de la base navale (15). Elle remonte ensuite faiblement (17) au voisinage de la rivière de Saint-Raphaël et est un peu plus élevée sur la plage (19). Ces résultats mettent en évidence un mécanisme de répartition des sédiments littoraux difficile à préciser autrement.

II. La grève de galets qui s'étend de Nice à Antibes a été choisie en raison même de sa nature pétrographique, *a priori* défavorable à l'application de la méthode. Les mesures ont été faites le plus près possible de la mer (il y a des variations transversales). A l'extrémité Nord-Est, la radioactivité (14-15) est à peine supérieure au rayonnement cosmique, malgré une légère remontée sur la rive droite du Paillon. Cette remontée s'accentue lentement aux approches du delta du Var (17-18). La radioactivité descend ensuite très vite (13-14 au Cros de Cagnes) et reste basse jusque vers Antibes, malgré de faibles remontées (16-18) au voisinage des embouchures de la Cagne et du Loup. La méthode est ici aux extrêmes limites de ses possibilités d'application, mais il est significatif qu'elle donne des résultats en accord avec ce que l'on sait de la sédimentologie littorale. Le rôle des embouchures et la réalité des apports varois au Nord-Est du delta sont nettement soulignés malgré leur faible importance relative.

III. En collaboration avec M[lle] Solange Vernhet, j'ai étudié le Golfe du Lion. Une première zone, correspondant aux embouchures des fleuves pyrénéens, s'étend du Racou au Cap Leucate. La radioactivité y est irrégulièrement répartie. Faible (19-21), dès que l'on s'écarte des rochers du Racou (25-27), elle croît lentement jusqu'à 21-22 à l'embouchure du Tech [des valeurs élevées pouvant s'observer localement, notamment au Nord d'Argelès (27-28)]. Du Tech à l'embouchure du Têt, la radioactivité est assez forte (24-26). Au Nord du Têt des valeurs basses (19-21, exceptionnellement 22) réapparaissent, puis la radioactivité croît lentement jusqu'à la rive droite de l'Agly (23-24). Au Nord de l'Agly et jusqu'au Grau de Leucate, la radioactivité, d'abord basse (18), présente des valeurs variables (19-25). Du Grau de Leucate au Cap Leucate, elle décroît de 20-21 à 17-18. Du Cap Leucate à l'Aude, s'étend une seconde zone caractérisée par une radioactivité qui, faible encore à la Franqui (20-21), atteint rapidement des valeurs élevées : 31-32 à la prise d'eau des salines de La Palme, 28-29 sur la rive droite du Grau de la Nouvelle, 38 à Gruissan, 26 à Narbonne-Plage, 26-27 sur la rive droite de l'embouchure de l'Aude; deux valeurs basses seulement ont été observées dans ce secteur : 17-18 sur la rive gauche du Grau de la Nouvelle, 23 à quelques kilomètres au Sud de l'embouchure de l'Aude. Une troisième zone, de l'embouchure de l'Aude au Grau du Roi est remarquable par la faiblesse de sa radioactivité : 18-20 de l'Aude au Cap d'Agde (exceptionnellement 21 à la Grande Maire qui est une ancienne embouchure), 16-17,5 du Cap d'Agde au Grau-du-Roi

(exceptionnellement 20-21 aux Aresquiers, au contact d'un ancien cordon de galets). Dans la région des Saintes-Maries, on retrouve par contre une forte radioactivité (24-30) qui s'accroît encore sur les plages situées à l'Est de cette station où des concentrations naturelles de minéraux lourds présentent une radioactivité atteignant au moins 90 à 100 coups/mn (comptage direct difficile).

La signification de ces mesures est précisée par les observations suivantes : 1° les fortes radioactivités correspondent généralement à des sables fins (la réciproque n'étant pas nécessairement vraie) et elles s'accompagnent presque toujours de teneurs en minéraux lourds élevées, facilement mises en évidence par l'observation directe; 2° les mesures encore peu nombreuses faites sur les alluvions fluviatiles en amont des embouchures témoignent de radioactivités inférieures à celles observées à la côte, au voisinage de celles-ci.

L'ensemble de ces résultats semble pouvoir s'interpréter comme suit : le contraste entre la forte radioactivité de la région des Saintes-Maries et la radioactivité presque nulle de la zone Grau-du-Roi-Agde confirme le fait que la contribution rhodanienne à la construction des plages situées à l'Ouest du Grau-du-Roi serait très limitée [1]. Il en résulte nécessairement que la forte radioactivité du secteur Cap Leucate-Aude ne peut s'expliquer autrement que par une alimentation des plages ayant son origine dans la zone des fleuves pyrénéens. Le fait que la radioactivité est plus élevée dans la seconde zone que dans cette dernière paraît dû à la sélection granulométrique au cours du transport et à des phénomènes de lévigation que nous avons observés. Cette interprétation est confirmée par le fait que la nature minéralogique des concentrations de minéraux lourds dans le secteur Leucate-Aude diffère sensiblement de celle des concentrations de la région des Saintes-Maries. Il est intéressant enfin de signaler que les phénomènes naturels susceptibles d'amener des variations importantes dans la concentration en minéraux lourds provoquent des variations sensibles de la radioactivité des plages.

Ces faits, conformes aux conceptions auxquelles nos recherches sédimentologiques antérieures [2] et [3] nous avaient permis d'aboutir, montrent que, contrairement à l'opinion courante, les concentrations en minéraux radioactifs (ainsi qu'en minéraux lourds) dépendent de phénomènes complexes et ne décroissent pas nécessairement lorsque la distance à la zone d'apport vient à augmenter.

---

(1) Chr. Razavet, *Thèse*, Paris, 1954, p. 325.

(2) S. Vernhet, *Comptes rendus*, 237, 1953, p. 1747.

(3) A. Rivière et S. Vernhet, *Comptes rendus*, 240, 1955, p. 1451.

GÉOLOGIE. — *Structures alpines; subductions successives dans l'Ossolas.* Note (*) de M. **André Amstutz**, présentée par M. Pierre Pruvost.

Nous avons vu dans les *Comptes rendus* du 3 octobre que les vastes recouvrements Saint-Bernard/Mont-Rose de la première phase tectogène se retrouvent dans l'Ossola sous la forme des gneiss ondulés Prabernardo-Domodossola. Voyons maintenant comment ils ont été découpés par les subductions des deuxième et troisième phases.

En sens contraire des subductions de la première phase tectogène ([1]) celles de la deuxième phase ont entraîné sous la zone Sesia une partie du complexe SB/MR, et c'est évidemment à des répliques de ce mouvement qu'il faut attribuer diverses nappes du complexe Emilius-Dent-Blanche et les nappes homologues grisonnes. Dans l'Ossola-Tessin, l'ampleur de cette phase paraît avoir été beaucoup moindre que dans les segments valdotain et grison, cette différenciation tectonique longitudinale étant naturellement liée à une sédimentation mésozoïque qui est également beaucoup moindre ici que dans les segments contigus ([2]). Mais, bien que d'envergure moindre, des subductions y sont cependant manifestes. Le géosynclinal étant ici relativement étroit, les parties méridionales des recouvrements Saint-Bernard/Mont-Rose ont été sectionnées à deux reprises : tout d'abord par la subduction Mont-Rose sous Sesia proprement dite, puis par la réplique à peu près parallèle que l'on peut suivre de Mugnalp-Bannio à Villadossola et Toceno; et les éléments frontaux de ces recouvrements ont alors subi un exhaussement relatif qui a évidemment favorisé leur disparition ultérieure par érosion (d'où l'aspect à première vue étonnant de la coupe). Ainsi s'explique aisément, en même temps que la limite à peu près rectiligne des gneiss Prabernardo entre Mugnalp et Toceno, l'étroite bande Mont-Rose dénudée de recouvrement entre Bannio et Malesco, que l'on considérait récemment encore comme la racine de la Mischabel-Decke.

En une troisième phase tectogène, quatre autres subductions ont créé dans le segment Ossola-Tessin les nappes Verosso-Berisal et Adula, puis les trois

(*) Séance du 3 octobre 1955.

([1]) A propos de cette inversion dans la tectogenèse des Pennides, *voir* ce que j'ai noté dans les *Comptes rendus* du 5 mai 1952.

([2]) En plus de cette différence de sédimentation, une étonnante différence de métamorphisme apparaît entre le mésozoïque de l'Ossola et celui du Val d'Aoste : ici ce sont les amphibolites qui prédominent par rapport aux prasinites, tandis que là c'est l'inverse. A mon sens, ceci doit s'expliquer surtout par les différences de température qu'implique une épaisseur de bourrelet orogénique moindre sous l'Ossola-Tessin que sous le segment valdotain, et il me semble que l'idée classique de « surcharge tectonique déterminant l'intensité du métamorphisme » est ici fortement mise en défaut.

nappes simploniques sous-jacentes. Qu'il s'agisse là d'une troisième phase, il n'y a pas lieu d'en douter, car la première de ces subductions sectionne obliquement près de Malesco l'une des subductions de la deuxième phase. D'autres particularités distinguent d'ailleurs cette troisième phase de la deuxième : 1° une orientation générale différente; 2° une forte inclinaison longitudinale de ces subductions simploniques près des bords du segment Ossola-Tessin, vraisemblablement due à une forte variation longitudinale d'épaisseur de bourrelet subcrustal près de ces bords; 3° une déformation ultérieure moindre pour les subductions simploniques que pour celles de la deuxième phase, celles-ci ayant déjà subi une déformation avant la troisième phase (³).

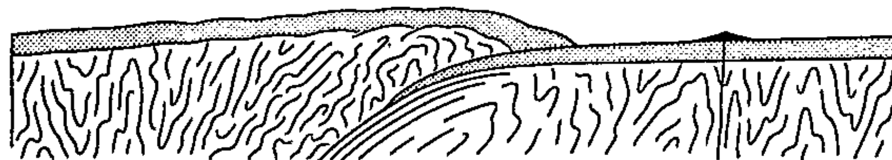
Ensuite, lors des ajustements isostatiques, ont eu lieu : la surrection du massif Mont-Rose avec un abrupt particulièrement raide sur le flanc oriental, la formation du pli transversal d'Antronapiana par débordement latéral, et un basculage vers l'Est-Nord-Est pour la zone comprise entre le massif Mont-Rose et le Toce; l'hydrographie actuelle s'expliquant ainsi fort bien, tandis qu'elle est la négation même du système Argand-Staub.

CAS SIMPLE DE SUBDUCTION SOUS-MARINE
du genre de celles qui se sont faites pendant la première phase tectogène

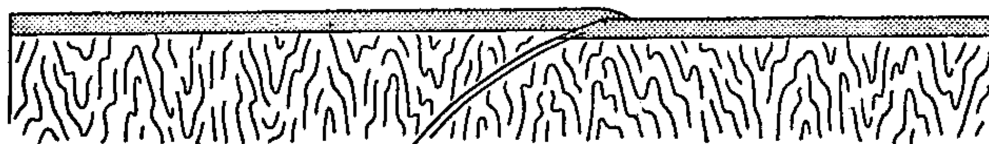
les ajustements isostatiques s'ajoutent à la cause initiale pour amplifier les écoulements



Etat final de la subduction, avec l'écoulement subséquent



Etat intermédiaire de la subduction, avec écoulement intercalaire



Subduction débutante, avec écroulement à l'extrémité de la partie sus-jacente

Arrêtons-nous maintenant dans le Val Bognanco et rendons-nous bien compte, pour le mécanisme de formation des nappes alpines, qu'au dos de la

(³) Déformation ultérieure par une incurvation due à un entraînement de parties profondes vers le Nord. Près de Malesco, à l'endroit du sectionnement de 2_2 par 3_1 (*voir* coupe du 3 octobre) 2_2 a un fort pendage Nord-Nord-Ouest, tandis que 3_1 a un fort pendage Sud, montrant qu'une première déformation a eu lieu avant la troisième phase tectogène.

N. Monte-Leone se trouve un magnifique exemple de subduction cisaillante créatrice de nappe. On y voit, au-dessous de la surface principale de cisaillement, des roches très laminées, étirées, et des structures parfaitement isoclinales, parallèles à la surface de cisaillement, tout à fait exemptes de plissotements; tandis qu'au-dessus, les strates de la nappe Verosso-Berisal rencontrent la surface de cisaillement avec des angles variant de 0 à 90°, parfois avec des ondulations et des plissotements intenses mettant en évidence les froncements et autres compressions qu'ont dû subir ces parties sus-jacentes. Il y a là un aspect extrêmement édifiant des phénomènes *primaires* que peut créer, dans les zones supérieures, un cisaillement au travers de l'écorce terrestre. Tandis que dans les parties plus septentrionales apparaissent si bien les phénomènes *subséquents*, les phénomènes *complémentaires* de ces subductions simploniques : les écoulements par gravités (avec involutions, etc.) dans les dépressions créées par ces subductions en contre-bas des masses comprimées qui se trouvaient au-dessus des surfaces principales de cisaillement.

GÉOLOGIE. — *Stratigraphie du Paléozoïque inférieur de la zone axiale pyrénéenne au Sud de Saint-Girons (Ariège).* Note de MM. **Albert Autran** et **Gérard Guitard**, présentée par M. Pierre Pruvost.

Les terrains sous-jacents au Gothlandien daté (*Orthoceras*, *Cardiola*, Graptolithes) ont été récemment étudiés par nos confrères hollandais et rapportés à l'Ordovicien supérieur (1); en particulier, les puissants horizons calcaires qu'ils ont suivis depuis Bentaillou et qui affleurent au Sud de Salau, d'Ustou et d'Aulus sont considérés comme caradociens. Toutefois, cette interprétation ne repose sur aucun argument paléontologique.

Or, dans les vallées du Salat, de l'Ossese et de l'Escorce, nous avons repéré la classique « faune à Orthis », caractéristique du Caradoc, sur près de 15 km d'Ouest en Est. La découverte de ce niveau repère, véritable clé pour l'interprétation du Paléozoïque inférieur pyrénéen, nous conduit à modifier l'âge des calcaires et dolomies auxquels nous faisions allusion.

En effet, l'ensemble concordant des assises infragothlandiennes montre, de haut en bas, la succession suivante :

1° *Schistes gris ou bleutés, schistes gréseux et calcschistes,* passant à des lentilles calcaires avec petits bancs de poudingue à éléments quartzeux. Certains bancs de schistes jaunâtres troués et à nodules marneux ou gréseux fournissent une faune à Orthis, Bryozoaires, Polypiers. Les points les plus remarquables sont : pic des Aubières, ruisseau de Fraychet, près le col du Picou de la Mire. Il paraît s'agir là du Caradoc, comme cela est connu depuis longtemps.

(1) L. U. de Sitter, *Leidse Geol. Mededelingen*, 1954, p. 292-307.

2° *Série monotone de schistes gris et de calcschistes* pouvant passer à des lentilles calcaires avec quelques niveaux quartzitiques. Cet ensemble, qui ne nous a pas livré de fossiles, ne peut cependant représenter le Dévonien inférieur comme l'indiquent encore les levés de L. U. de Sitter.

3° *Micaschistes argentés* passant, vers leur base à des micaschistes à deux micas et comportant des intercalations diverses :

a. Calcaires et dolomies massifs, très cristallins, répartis en trois bancs principaux dont la puissance varie entre 10 et 50 m. Tantôt ils apparaissent sous forme de cipolins blancs ou gris, veinés de fins rubanements bleutés suivant la stratification, tantôt ces mêmes bancs alternent avec des bancs de dolomie rousse. La ressemblance est frappante entre ces dolomies et celles de Trimouns, qui bordent à l'Est les gneiss du Saint-Barthélémy, ressemblance que vient encore attester la présence d'un second rubanement oblique sur le premier.

b. Schistes ampéliteux noirâtres en petits bancs de quelques mètres.

c. Quartzites et micaschistes quartzitiques; banc de *conglomérat* déjà signalé par L. U. de Sitter et H. J. Zwart (²).

Il ressort clairement de cette succession que les calcaires et dolomies massifs ne représentent pas plus le Carbonifère (feuille de Foix) que le Caradoc (carte de Sitter), car ils sont manifestement infracaradociens.

La puissance des couches sous-jacentes au Caradoc, compte tenu de répétitions tectoniques certaines, est de l'ordre de 1000 à 2 000 m.

Enfin les divers termes du Paléozoïque inférieur renferment des veines et lentilles de quartz et calcite, parfois minéralisées en chalcopyrite, des filons sulfurés plombozincifères, des sills de microdiorite localisés à la base, postérieurs à la mise en place des granites circonscrits et antérieurs à la minéralisation sulfurée.

Relativement à la stratigraphie, nous remarquerons que :

1° Le Caradoc paraît partout caractérisé dans les Pyrénées par la « faune à Orthis » toujours reconnaissable. Il nous paraît, par contre, hasardeux de rapporter au Caradoc des assises azoïques en invoquant l'allure de tel ou tel poudingue ou conglomérat, car ces formations existent à des niveaux divers du Paléozoïque inférieur et des gneiss sous-jacents.

2° Nous ne pouvons que constater l'analogie étroite entre les terrains infracaradociens des Pyrénées-Orientales, qui nous sont familiers, et ceux de l'Ariège. En particulier, nous retrouvons sans peine, dans le troisième terme de notre série, l'équivalent de la « Série de Canaveilles » décrite par P. Cavet (³). Quant au second terme, il est l'équivalent des schistes ordoviciens des Pyrénées-Orientales, mais le faciès est ici plus calcaire

(²) *C. R. Somm. Soc. Géol. Fr.*, n° 13, 1950, p. 229-231.
(³) *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 743 et 858.

et peut être rapproché de l'Ordovicien décrit par J. M. Fontboté ([4]) dans la région de Pardinas, Pyrénées Catalanes.

3° On peut légitimement avancer pour les calcaires et dolomies infra-caradociens un âge ordovicien inférieur ou Cambrien comme l'avait déjà dit Roussel au siècle dernier et comme le suggère J. P. Destombes ([5]) pour les calcaires plus occidentaux.

Relativement à la position des granites circonscrits de la région, ceux de Bassiès-Auzat et de Salau ne sont pas davantage en rapport avec le Carbonifère (feuille de Foix) qu'ils ne le sont avec le Caradoc (carte de Sitter), car leur auréole de contact intéresse le troisième terme de notre série infracaradocienne. Ils sont en cela analogues à beaucoup de granites circonscrits des Pyrénées-Orientales. Nous n'en tirons, évidemment, aucun argument quant à l'âge de ces granites que l'on doit considérer comme hercyniens puisqu'ils sont tous identiques et que leur auréole intéresse ailleurs le Dévonien et le Carbonifère. Par contre, il est intéressant de remarquer que souvent les granites, comme les gneiss, obéissent à la même localisation spatiale : ils apparaissent sous les niveaux calcaréo-dolomitiques infracaradociens, ou dans leur voisinage immédiat.

GÉOLOGIE. — *Indices d'une phase tectonique salaïrienne dans l'Anti-Atlas marocain.* Note de M. **Pierre Hupé**, présentée par M. Pierre Pruvost.

On sait la place tenue par le cycle orogénique de Salaïr (cambro-ordovicien) dans la tectonique de l'Eurasie orientale, où les déformations de cet âge l'emportent de beaucoup sur celles des cycles paléozoïques ultérieurs, soit calédonien s. str., soit varisque ([1]) et justifient largement sa séparation du cycle calédonien s. l. tel qu'il est conçu par les géologues occidentaux.

Des phases à peu près assimilables à certains épisodes de l'orogénèse salaïrienne ont déjà été identifiés en Europe occidentale. Ce sont la phase sarde (qui se situe après le Cambrien moyen et correspond très probablement à la phase de Berikoul, phase V du Salaïr tardif) et la phase cadomienne ([2]), sans doute contemporaines des mouvements salaïriens précoces (phase I) de Sibérie.

Des observations récentes dans l'Anti-Atlas marocain, permettent d'étendre jusqu'à la bordure nord du bouclier africain le domaine de ces déformations intra-cambriennes.

([4]) *Ann. Inst. Est. Gerundeses*, 1949.

([5]) *C. R. XIXe Congr. géol. intern.*, Alger, Sect. II, fasc. II, 1952, p. 107-129.

([1]) M. K. Koronine, *Isvestia Acad. Sc. U. R. S. S.*, sér. géol., n° 3, 1950.

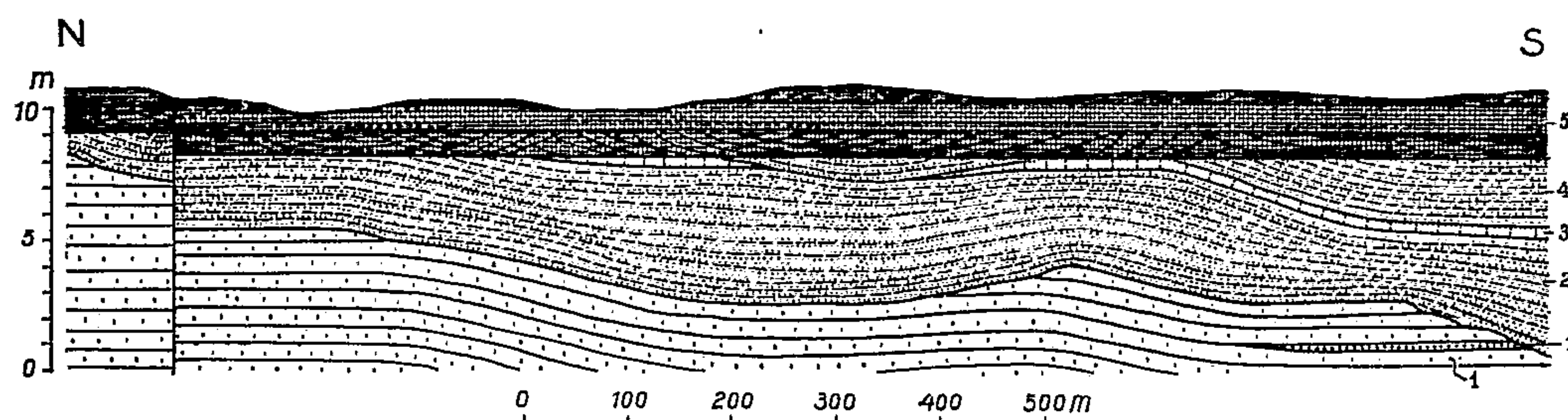
([2]) P. Pruvost, *Ann. Hébert-Haug*, 7, 1949.

Phase I. — C'est probablement à cette phase qu'il faut attribuer une pulsation, inscrite localement dans la sédimentation de l'Anti-Atlas central (feuille Foum el Hassane) sur le pourtour sud-occidental du massif précambrien de Tagragra, et à peu près synchrone du sommet de la zone à *Antatlasia* (zone IV).

Près d'Ambel, à 18 km au Nord-Nord-Est de Foum el Hassane, en effet, au-dessus de 7-8 m de schistes verts à *Antatlasia* surmontant une puissante série de calcaires à *Archoæcyathus*, on voit se développer, en concordance, un complexe très fortement détritique, puissant d'environ 20 m et comprenant deux masses d'arkoses grossières, à feldspaths rougeâtres, pouvant passer à un poudingue dont les éléments atteignent jusqu'à 3 cm, et entre lesquelles s'intercalent 6-7 m de schistes verts très gréseux, à larges ripplemarks. Les arkoses, réduites à quelques décimètres, s'observent encore au même niveau près de Tirhirt Guelta, à 7 km au Nord-Nord-Est, et vers Aguerd et Tisselguit, à 17 km à l'Ouest. Cette décharge détritique brusque et locale, survenant vers le sommet de la zone *Antatlasia*, à un moment où la sédimentation se montre ailleurs normalement schisteuse, est à mettre, très probablement, en rapport avec le soulèvement d'un certain domaine du socle précambrien, peut-être le massif de Tagragra lui-même.

Phase II (ou du Saïan occidental). — C'est la plus nette. Elle s'observe dans l'Anti-Atlas oriental (feuille Ouarzazate), près du village d'Ourika Ouaourmas (ou n'Ouarmast).

Un peu au Nord du douar, le long d'un ravin partant du coude de la piste d'Ouarzazate à Agdz ($x = 391$, $y = 415$), on observe, sur quelques centaines de mètres à partir de la piste, la série suivante (*fig.*). 1. Grès dits « terminaux », à patine claire, souvent rosâtre, quartziteux, avec passées de schistes psammitiques violâtres ou vert clair, et lentille de poudingue (1'). 2. Schistes gris, parfois violâtres, gréseux, avec quelques lits de poudingue à petits éléments (jusqu'à 3 cm); l'un de ces lits, atteignant 40 cm, sépare, en aval du coude



Coupe au Nord d'Ourika Ouaourmas.

de la piste, les schistes des grès sous-jacents. Dans le ravin, les schistes reposent directement et en légère discordance sur les grès, ici érodés. Les Trilobites (*Protolenus* sp., *Serrodiscus* sp., *Kingaspis alatus*) récoltés dans les schistes indiquent le sommet du Cambrien inférieur. 3. « Brèche à *Micmacca* » [Cambrien inférieur terminal]; épaisse au maximum de quelques décimètres, elle peut se doubler ou disparaître, ou passer à un poudingue à petits éléments (2-3 cm), dont le matériel est emprunté aux grès 1 et psammites associés, ou aux schistes 2. 4. Schistes gris analogues aux schistes 2, contenant des *Protolenidæ*, mais

sans *Paradoxides*, et appartenant donc encore au Cambrien inférieur. 5. Grès noirâtres à stratification entrecroisée, sans fossiles. Épaisseur : 4 à 5 m. Immédiatement au-dessus viennent, en concordance, les schistes verts à *Paradoxides* — donc d'âge Cambrien moyen —, des pentes Ouest du Jbel Bou Azzer.

Une discordance angulaire des plus nettes, bien que n'excédant pas 10°, s'observe entre les grès 5 et leur substratum faiblement ondulé.

Phase III (ou phase de Tabatsk). — On peut vraisemblablement lui attribuer une légère discordance angulaire, accompagnée de ravinement, qui s'observe vers la base des schistes à *Paradoxides* d'Amouslek (Anti-Atlas occidental, feuille Tarroudant).

A l'éperon de Tourinine, au-dessus de schistes violets à *Paradoxides* et *Kingaspis* (18 m) formant exactement le passage entre Cambrien inférieur et Cambrien moyen (³), viennent des schistes verdâtres à *Paradoxides*, fortement ravinés à leur partie supérieure et supportant, par l'intermédiaire d'un niveau à nodules ferrugineux, des grès jaunâtres ou verdâtres, parfois rougeâtres (30-40 m visibles), également du Cambrien moyen. L'épaisseur des schites verdâtres sous-jacents oscille sur une centaine de mètres, entre 9,75 et 12,50 m, attestant une discordance angulaire de quelques degrés.

Des faits précédents il semble résulter qu'aussi bien en Afrique du Nord qu'en Europe occidentale, la phase salaïrienne ne paraît se manifester que d'une façon locale et très modérée, sans commune mesure avec ce qui s'observe dans la moitié Est de l'Eurasie.

GÉOLOGIE. — *Présence de « Bartonien » dans l'Ouarsenis oriental (Algérie).* Note de MM. **Jean Magné** et **Maurice Mattauer**, présentée par M. Pierre Pruvost.

Une étude détaillée des microfaunes planctoniques (Hantkénines, Globorotalias, Globigérines) a permis de mettre en évidence du Bartonien dont les limites inférieure et supérieure restent encore imprécises par suite des complications tectoniques de cette région.

L'Éocène supérieur n'avait jusqu'à présent fourni dans l'Ouarsenis, ni macrofaune, ni microfaune. Les dépôts de faciès « Numidien » avaient cependant été attribués sans preuve paléontologique au Priabonien et au Priabono-Oligocène (¹), mais de récentes découvertes (²), (³) ont montré qu'il s'agit en réalité d'Oligocène supérieur.

(³) G. Choubert et P. Hupé, *Comptes rendus*, 237, 1953, p. 1168.

(¹) J. Flandrin, *Contribution à l'étude stratigraphique du Nummulitique Algérien* (*Thèse Sciences*, 1948).

(²) M. Mattauer, *C. R. Somm. Soc. géol. Fr.*, 2 mai 1955.

(³) M. Durand Delga et J. Flandrin, *Comptes rendus*, 240, 1955, p. 1561.

Ce sont des terrains de faciès et de situation tectonique toutes différentes qui nous ont livré une microfaune bartonienne. En effet, il s'agit en général de marnes plus ou moins schisteuses, de teinte très sombre (vert foncé à noirâtre) contenant quelquefois des grès à patine brunâtre associés à des marno-calcaires glauconieux et à des rognons calcaires localement pétris de Gastéropodes indéterminables. La ressemblance est souvent complète, soit avec l'Albien sans grès quartzite, soit avec l'Oligocène. En de nombreux points entre autres en x : 440,1 ; y : 288,35 ces faciès nous ont livré la microfaune suivante caractérisant le Bartonien :

Globorotalia centralis Cushman et Bermudez, *Globigerina dissimilis* C. et B., *Hantkenina alabamensis* Cushman, *Globigerina ouachitænsis* Howe et Wallace, *Hantkenina suprasuturalis* Bronnimann, *Hantkenina liebusi* Shoklina.

Limite supérieure et inférieure. — On sait qu'il existe dans l'Ouarsenis oriental un allochtone à structure très complexe reposant sur un autochtone de structure très simple. C'est à la base de cet allochtone que se répartissent les différents affleurements de Bartonien découverts dans la région de Teniet-el-Haad; ils reposent ainsi souvent sur du Miocène inférieur autochtone (4). Les contacts anormaux étant la règle dans l'allochtone, on comprend aisément que les rapports du Bartonien avec ces terrains encaissants soient difficiles à préciser avec certitude.

Des marnes nous ont fourni en x : 452,65; y : 281,4 :

Hantkenina liebusi Shoklina, *Hantkenina dumblei* Weinzierl et Applin, *Hantkenina trinitatensis* Bronnimann, *Globigerina linaperta* Finlay, *Globorotalia crassata* Cushman, *Globorotalia lehneri* Cushman et Jarvis, nombreuses Bolivines striées voisines de *Bolivina modysensis* Cushman et Todd.

Cette association indique du Lutétien très supérieur. Ailleurs au Nord de Teniet-el-Haad, de nombreux copeaux tectoniques de marno-calcaires à silex de l'Yprésien (à *Globorotalia aragonensis* Nuttall, et nombreuses Globigérines) sont associés au Bartonien; il est cependant impossible de savoir si la série éocène est complète ou s'il existe des lacunes et des transgressions à l'intérieur de la série.

L'oligocène caractérisé par :

Globigerina venezuelana Hedberg, *Globigerina dissimilis* Cushman et Bermudez, *Uvigerina cf. chavanensis* Cushman et Bermudez, *Planulina marialana* Hadley, *Cibicides cicatricosa* (Schwager), *Trochammina globigeriniformis* var. *altiformis* Cushman et Tens, et nombreux Lituolidés, affleure à proximité du Bartonien toujours dans les mêmes conditions tectoniques et il est impossible de préciser si le contact est normal, c'est-à-dire si l'on a une coupe continue de Bartonien à l'Oligocène.

---

(4) Mais le Bartonien apparaît également dans d'autres unités tectoniques.

Bartonien et « Numidien » se trouvant dans des unités tectoniques totalement différentes, on ne peut observer aucun rapport entre les deux séries. Comme nous l'avons déjà avancé ([5]) il est cependant très probable que le Numidien était, avant les charriages d'âge miocène, superposé à du Bartonien. Ceci rejoint les nombreuses observations faites récemment en d'autres régions d'Algérie ([6]), ([7]). Le Bartonien des unités allochtones inférieures que nous venons d'étudier n'a cependant pas été nécessairement recouvert par le « Numidien ». Quoi qu'il en soit rien ne permet ici de faire débuter la transgression « numidienne » au Bartonien supérieur ([3]); la présence de Miogypsines ([8]) d'âge oligocène moyen-supérieur à la base du Numidien de l'Ouarsenis montre au contraire qu'il existe une importante lacune entre Bartonien et « Numidien ».

Ce Bartonien n'est pas localisé dans la région de Teniet-el-Haad, car nous avons pu en découvrir de nombreux affleurements dans l'allochtone de tout l'Ouarsenis oriental. Les interprétations tectoniques effectuées par l'un de nous (M. M.), c'est-à-dire l'existence d'un allochtone d'origine septentrionale, s'accordent parfaitement avec cette découverte. En effet, ce Bartonien récemment signalé dans l'allochtone sud-tellien de la région de Montgolfier ([9]) est surtout connu sous des faciès analogues dans des domaines plus septentrionaux ([6]), ([7]), ([10]).

RADIOGÉOLOGIE. — *Radioactivité anormale dans le Trias supérieur des Vosges.* Note (*) de M. **Georges Jurain**, présentée par M. René Perrin.

L'étude de la radioactivité des lignites du Keuper lorrain justifie une hypothèse biogéochimique susceptible d'éclairer la genèse de la concentration uranifère de cette formation.

Une reconnaissance rapide effectuée sur le Keuper moyen des Vosges au scintillomètre à cristal d'iodure de sodium activé au thallium (mouvement propre 5 à 7 chocs/s) a révélé les anomalies suivantes (voir tableau).

La répartition spatiale montre que la concentration n'est pas locale; en effet, les affleurements du lignite du Keuper moyen ont été suivis sur une quinzaine

([5]) J. Magné et M. Mattauer, *Bull. Serv. carte géol. d'Algérie*, 1954.
([6]) G. et J. Glaçon, *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 1053.
([7]) G. Durozoy et J. Magné, *Bull. Soc. géol. Fr.*, 6e série, 4, 1954, p. 621-626.
([8]) G. Busson, J. Flandrin et R. Laffitte, *Comptes rendus*, 240, 1955, p. 1445.
([9]) J. Magné, J. Polvêche et J. Sigal, *Comptes rendus*, 240, 1955, p. 2251.
([10]) G. Busson et J. Magné, *Comptes rendus*, 240, 1955, p. 1239.

(*) Séance du 3 octobre 1955.

de kilomètres et nous pourrons étendre nos investigations. En attendant d'autres résultats, il semble que cette propriété soit spécifique du Trias; en effet quelques mesures faites sur des lignites du Lias ont donné jusqu'à présent des résultats négatifs.

Concessions ou recherches de lignite.

	Norroy.	Bulgnéville.	Suriauville.	Crainvillers.	Martigny.
Marnes bariolées : km 4-5	12 c/s	–	12 c/s	15 c/s	–
Dolomie de Beaumont : km 3	10 c/s	–	–	10 c/s	10 c/s
Grès à roseaux et lignite : km 2	25 c/s (12,8 ppm)	–	10 c/s	12 c/s	–
	50 c/s (18,8 ppm)	45 c/s (18,0 ppm)	35 c/s	30 c/s (12,8 ppm)	30 c/s (11,7 ppm)
	45 c/s (12,4 ppm)	–	–	–	–
	(*a*)		(*c*)	(*d*)	(*e*)
Marnes et gypse : km 1	10 c/s	15 c/s	–	–	–
		35 c/s (8,84 ppm) (*b*)	–	–	–

(*a*) Terrils des diverses exploitations de 1830, 1866, 1902, 1909.
(*b*) Terrils des travaux de 1942-1947.
(*c*) Terrils des travaux de 1873-1878.
(*d*) Terrils des travaux en 1866.
(*e*) Terrils des travaux en 1880.

Analyse des faits. — Il semble que l'on observe ici une concentration de l'uranium dans le lignite triasique qui en contient de 12,7 à 18,8 ppm. Ces teneurs, bien que plus faibles que celles observées en Suisse ([1]) (schistes bitumeux triasiques : 20 à 90 ppm) ou dans le houiller du Nord de la France ([2]) (schistes noirs marins : 7,7 à 36,3 ppm) restent nettement plus élevées que la teneur géochimique moyenne de la lithosphère : 4,3 ppm. La présence de l'uranium ainsi établie appelle en outre une remarque; cet élément semble se superposer au vanadium dont la concentration dans les lignites est un fait connu ([3]).

([1]) H. Erlenmeyer, W. Opplinger, K. Stier et M. Blumer, *Helv. Chim. Acta.*, 33, 1950, p. 25-26.
([2]) G. Muchemble, *Comptes-rendus*, 216, 1943, p. 270.
([3]) G. Berg, *Vorkommen und Geochimie der mineralischen Rohstoffe*, Leipzig, 1929, p. 222.

La teneur en uranium n'est pas directement proportionnelle au nombre de chocs par seconde mesuré; ceci s'expliquerait en admettant que l'uranium a été sélectivement éliminé du lignite tandis que certains de ses produits de filiation y demeuraient, radium en particulier, donnant des émetteurs γ (radium C et C′).

Hypothèse proposée. — Parmi les hypothèses proposées pour expliquer la concentration de l'uranium dans les lignites, il semble que l'on ne puisse retenir en totalité les idées de S. Szalay ou de G. W. Moore (enrichissement par adsorption ou échange de cations) (4), (5). De même on ne peut adopter que partiellement les conceptions de B. Mason (6) (précipitation en milieu réducteur et basique).

Il semble que toutes les conditions physico-chimiques de milieu requises par ces auteurs soient l'expression d'une activité biologique intense qui constitue à nos yeux le phénomène fondamental. En effet l'uranium comme le vanadium présente plusieurs états d'oxydoréduction (valence 4 et 6 pour l'uranium, 3 et 5 pour le vanadium); le couplage des réactions d'oxydoréduction où participeraient ces deux éléments s'avère probable. Or, si le rôle biogéochimique du vanadium est bien connu celui de l'uranium n'a été que soupçonné : minerai du Rand (7), thermes de Badgastein (Autriche) (8). Il paraît donc souhaitable d'insister sur le comportement parallèle de ces deux éléments en milieu sédimentaire continental.

Au total l'hypothèse d'une fixation résultant d'activité biologique et les réactions d'oxydoréduction couplées (uranium-vanadium) apparaît suffisante pour expliquer la concentration de l'uranium dans les gisements de lignite radioactif du Keuper lorrain.

Dès maintenant la présence de l'uranium dans le lignite triasique permet d'envisager comme possible la mesure de l'âge absolu de cette formation sédimentaire (méthode du plomb). Toutes restrictions étant faites quant aux conditions dans lesquelles cet uranium peut s'éliminer de la couche de lignite. Une telle possibilité avait déjà été envisagée par W. Vernadsky (9).

---

(4) S. Szalay, *Acta Geologica Academiæ Hungariæ*, 2, 1954, p. 229-311.

(5) G. W. Moore, *Economic Geology*, 49, 1954, p. 652-658.

(6) *Geochimistry*, New-York, 1952, p, 153.

(7) S. Miholic, *Economic Geology*, 49, 1954, p. 537-540.

(8) F. Schemnitzky et W. Grabherr, *Œsterreich Mineralogie Mitteilung Gesellschaft*, 112, 1951, p. 13-38.

(9) *Les Problèmes de Radiogéologie*, Hermann, Paris, 1935, p. 27-28.

HYDROLOGIE. — *Réduction dans les eaux tropicales agressives des ions* NO_3^- *en ions* NO_2^- *et* NH_4^+ *par le fer.* Note de MM. **André Vialard-Goudou** et **Claude Richard**, présentée par M. Maurice Lemoigne.

Les ions NO_3^- de certaines eaux agressives distribuées à Saigon-Cholon sont réduits par le fer dissous dans l'eau ou par le fer des canalisations en ions NO_2^- et NH_4^+.
Dans l'interprétation des résultats de l'analyse chimique des eaux, la présence de ces ions ne doit pas, *a priori*, être considérée comme un signe de pollution.

A Saigon-Cholon, 170 000 m³ d'eau *potable* sont distribués journellement :

— 40 000 m³ proviennent d'une nappe superficielle — nappe phréatique — dont les eaux sont soumises à une épuration biologique par l'hypochlorite de sodium;

— 130 000 m³ sont fournis par des puits profonds (Forages Layne, de 50 à 200 m), et ne nécessitent aucun traitement bactériologique.

Quelle qu'en soit l'origine, la plupart des eaux distribuées à Saigon-Cholon peuvent être définies comme suit :

Eaux bactériologiquement potables, peu minéralisées (extrait sec inférieur à 100 mg/l), douces (degré hydrotimétrique inférieur à 5 degrés français), agressives (pH 4,6 à 6) souvent ferrugineuses.

Elles doivent leur agressivité à du CO_2 libre (50 à 100 mg de CO_2 libre par litre) et parfois à de l'acide nitrique libre. Dans une Note précédente [1] nous avons montré la présence d'ions NO_3^- dans l'eau de pluie (à Saigon, en moyenne 0,496 mg de NO_3^- par litre). Il s'ensuit que la pose de canalisation en plomb est interdite pour éviter le saturnisme; seules sont autorisées les canalisations en fer, fer galvanisé, fonte et fonte aciérée.

Ces derniers métaux sont également attaqués, mais ils ne cèdent à l'eau que des composés chimiques sans danger pour l'usager.

Aux composés du fer d'origine géologique (latérites du sous-sol) s'ajoutent ceux dissous par corrosion dans les canalisations de distribution.

Or assez fréquemment l'analyse chimique montre la présence dans ces eaux d'ions NO_2^- et NH_4^+ sans signes bactériologiques de contamination.

La réduction des ions NO_3^- en ions NO_2^- et NH_4^+ est-elle de nature chimique (réduction par le fer) ou biochimique (réduction par microorganismes)? Bréaudat qui avait signalé au début de ce siècle la présence d'ions NO_2^- et NH_4^+ dans l'eau distribuée à Saigon, n'en avait recherché ni l'origine ni le mode de formation [2]. Aussi il nous a paru intéressant de préciser expérimentalement

(1) C. Richard et A. Vialard-Goudou, *Comptes rendus*, 237, 1953, p. 1549.

(2) L. Bréaudat, *Les eaux d'Alimentation de la ville de Saigon* (*Th. Doct. Pharm. Univ.*, Paris, 1905)

le mécanisme de la réduction des ions NO_3^- dans le cas des eaux distribuées à Saigon :

Dans ce but on autoclave une demi-heure à 120° deux éléments de canalisation en fer galvanisé (G) et en fonte (F).

Par ailleurs, on remplit complètement d'une eau riche en nitrates une fiole en pyrex bouchée émeri de grande capacité, dont le bouchon est assujetti au col par un dispositif spécial.

La stérilisation de cette masse d'eau est réalisée par tyndallisation à raison de trois chauffages à 70° pendant 3 h, répétées 3 jours de suite.

Les autres techniques de stérilisation essayées (filtration sur bougie, chauffage à 120° pendant 30 mn) modifient assez profondément la composition chimique de l'eau expérimentée, aussi les avons-nous abandonnées. Les résultats de cette stérilisation, contrôlés en ensemençant l'eau tyndallisée dans un tube de bouillon d'extrait globulaire ont été satisfaisants.

Enfin, on emplit stérilement les deux éléments de canalisation avec de l'eau tyndallisée. Puis on laisse en contact 36 h à 30° avant de procéder aux analyses.

Le tableau ci-dessous fait apparaître les modifications chimiques de l'eau.

	Eau brute.	Eau tyndallisée.	Eau tyndallisée en contact 36 h avec la canalisation (G temp. 30°C).	Eau tyndallisée en contact 36 h avec la canalisation (F temp. 30°C).
pH	4,6	4,7	7,3	6,0
CO_2 libre (mg/l)	65,04	41,80	4,50	26,10
CO_2 combiné (mg/l)	2,20	2,20	28,10	5,20
O_2 dissous (mg/l)	4,5	4,3	3,2	3,8
N nitrique (mg/l)	3,62	3,53	2,27	3,03
N nitreux (mg/l)	0	0	0,20	0,03
N ammoniacal (mg/l)	0	0	1,21	0,48
Fer en Fe_2O_3 (mg/l)	0,25	0,20	1,84	0,40

En l'absence de microorganismes, il y a donc réduction des nitrates par le fer en nitrites et en ammoniaque.

Ainsi dans le cas particulier de certaines eaux tropicales agressives, on peut trouver dans les eaux potables : de l'ammoniaque, des nitrites, des nitrates, sans que l'origine de ces corps soit en rapport avec des infiltrations suspectes.

Ceci explique qu'aujourd'hui les législations sanitaires anglo-saxonne ([3]) et française ([4]) ne considèrent la « présence de ces éléments comme inquiétante que dans la mesure où elle peut se relier à des pollutions de gisements aquifères par infiltrations de liquides organiques d'origine animale ».

([3]) E. W. TAYLOR, *The examination of Waters and Water supplies*, Churchill, London, 6th edition, 1949, p. 545-551.

([4]) *Journal officiel de la République française*, 19 décembre 1954, p. 11928-11942.

La Pharmacopée française exige cependant pour l'eau ordinaire, entre autres essais, l'absence des ions NH_4^+ et NO_2^- ([5]).

En effet, si la présence de ces ions, interprétée comme test de contamination doit faire l'objet de réserve, il n'en reste pas moins vrai que de telles eaux ne permettent pas, ainsi que nous l'avons constaté, de préparer sans traitement préalable des eaux distillées de qualité satisfaisante par suite de l'entrainement des ions NH_4^+ et quelquefois NO_2^-.

L'addition de 1 cm³ d'un mélange (MnO_4K, 5 g; SO_4H_2; 2,5 cm³ et H_2O q. s. pour 100 cm³) à 1 l d'eau à distiller évite l'entrainement à la distillation des ions azotés et permet dans tous les cas d'obtenir une eau distillée satisfaisante.

PALÉONTOLOGIE. — *Le pariétal de l'*Atlanthropus mauritanicus. Note de M. **Camille Arambourg**, présentée par M. Pierre Pruvost.

Les premiers renseignements relatifs à la structure cranienne de l'*Atlanthropus* nous sont fournis par la récente découverte, dans le gisement de Ternifine, d'un pariétal recueilli dans le niveau inférieur qui, en 1954, avait livré la demi-mandibule de l'*Atlanthropus* II et à une faible distance du gisement de ce dernier.

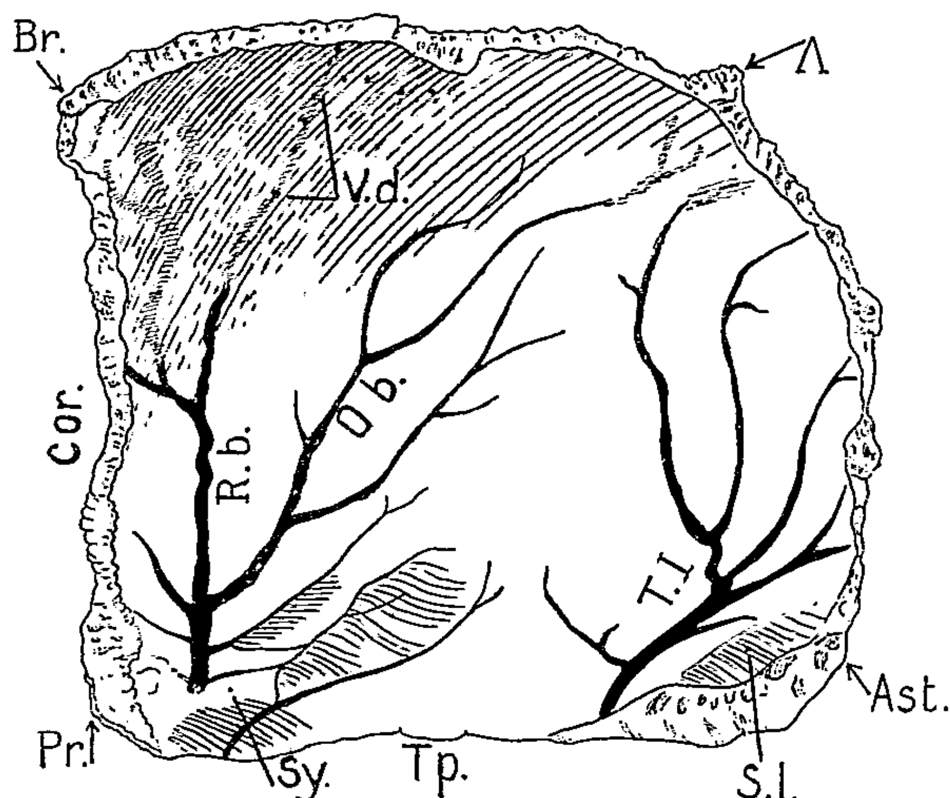
Il s'agit d'un pariétal droit, complet, provenant d'un sujet relativement jeune — comme l'indique l'absence totale d'ossification de toutes les sutures. L'épaisseur de cet os, qui correspond à celle que présenterait un individu moderne adulte, permet de supposer une épaisseur beaucoup plus grande chez les sujets âgés, conformément à ce qui est de règle chez les Hominiens primitifs.

La morphologie générale de cette pièce est entièrement humaine; mais ses courbures correspondent à une voûte cranienne peu élevée, surbaissée, comme celle des Pithécanthropiens, et dont le diamètre transversal maximum se situe à un niveau plus bas que le sommet de la suture temporo-pariétale. Les bosses pariétales sont effacées; les crêtes temporales, par contre, bien marquées, surtout la supérieure.

La face endocranienne est remarquablement conservée. Elle montre tout d'abord la présence d'une crête sylvienne nettement individualisée et saillante à partir du ptérion. On sait, d'après Weidenreich, que cette crête, absente chez les Anthropomorphes — sauf parfois chez l'Orang-Outan — et faiblement développée chez certains Hommes, est, au contraire, une des caractéristiques du Sinanthrope. Une autre particularité, spéciale à ce dernier, est l'épaississement notable (ou torus angularis) de la partie du pariétal voisine de l'astérion, où cet os atteint 11 mm d'épaisseur chez notre sujet.

([5]). *Pharmacopée française*, 7, 1949, p. 248.

D'autre part, le réseau circulatoire méningé a laissé de profondes empreintes. Les sillons qui correspondent à la circulation artérielle montrent que l'artère méningée moyenne est divisée en deux branches principales séparées avant leur pénétration dans la région pariétale.



Pariétal d'*Atlanthropus* IV. — Face interne montrant le tracé des vaisseaux méningés. Ast, asterion; Br, bregma; Cor, suture coronale; Λ, lambda; Ob, rameau obélien; Pr, ptérion; R. b., rameau bragmatique; Sl, gouttière du sinus latéral; Sy, crête sylvienne; T. I., branche temporale inférieure; T. p., suture temporale; v. d., orifices des veinules diploïques.

La première branche, après avoir traversé le pont osseux de la crête sylvienne près de son angle sphénoido-temporal, se divise en un rameau antérieur ou bregmatique, et un rameau médian ou obélien. Le rameau bregmatique, relativement simple, irrigue la région fronto-pariétale; sa gouttière paraît se confondre avec la partie inférieure du sinus veineux sphéno-pariétal de Breschet dont les perforations, dues aux veinules diploïques, sont bien visibles; le rameau obélien couvre de ses ramifications la région temporale supérieure. La seconde branche de l'artère méningée, ou branche temporale inférieure, est d'un calibre équivalent à celui de la première; elle passe un peu en avant de la gouttière du sinus veineux latéral et elle irrigue, en se ramifiant, une partie importante des zones inférieure et postérieure de la région temporale. Ces diverses subdivisions artérielles sont relativement simples, peu ramifiées et peu anastomosées.

Le faible développement et la simplicité des rameaux bregmatique et obélien d'une part, et, d'autre part, l'importance de la branche temporale inférieure ainsi que son détachement précoce du tronc commun rappellent les caractères des Anthropomorphes, notamment ceux du Gorille et de l'Orang et aussi ceux du Sinanthrope. Mais, chez ce dernier, le rameau médian est encore plus réduit que chez l'*Atlanthropus*.

Chez *Homo sapiens* l'extension des subdivisions du rameau bregmatique et du rameau médian devient prédominante; la branche inférieure est généralement plus réduite. A ce point de vue l'*Atlanthropus* est plus proche des Pithécanthropiens et des Anthropomorphes que de l'Homme actuel.

Il faut observer, en outre, que chez les Hommes du type *sapiens* le réseau artériel méningé est plus touffu, plus compliqué par des ramifications secondaires et par des anastomoses que celui des formes fossiles les plus primitives. Les Pithécanthropiens, notamment, se distinguent par la simplicité relative de leur système artériel méningé et, à ce point de vue également, l'*Atlanthropus* de Ternifine se rattache sans conteste à leur groupe.

Ainsi donc, tous les caractères du pariétal découvert à Ternifine corroborent les conclusions provenant de l'étude des mandibules et confirment la nature pithécanthropienne des premiers artisans des industries à bifaces chelléo-acheuléennes.

BOTANIQUE. — *Rapport entre l'embryogénie des Gymnospermes et celle des Angiospermes.* Note (*) de M. **Claude Leredde**, présentée par M. Roger Heim.

H. Gaussen, dans son traité *Les Gymnospermes fossiles et actuelles* (chapitre IX, p. 60), souligne après Chamberlain, une différence essentielle entre Gymnospermes et Angiospermes : absence de stade à noyaux libres chez ces dernières au début du développement de l'embryon. Cette opposition est indiscutable si l'on considère les embryons proprement dits, mais ne constitue plus un hiatus si l'on se reporte à la cellule femelle, origine de l'œuf.

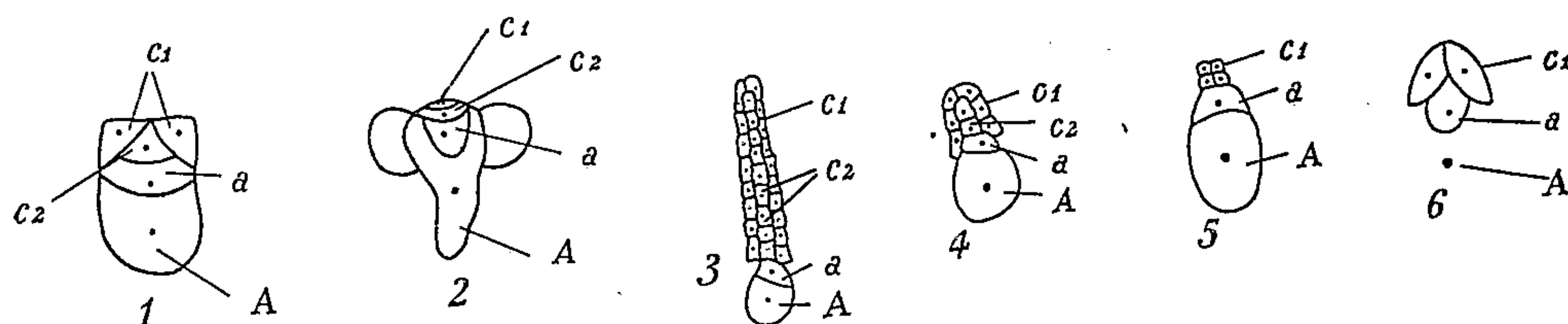
En admettant, à la suite de Chadefaud, que le sac embryonnaire est formé de deux archégones soudées par leur base, l'oosphère des Angiospermes correspond à la cellule du canal du ventre des Gymnospermes. L'oosphère de ces dernières est devenue l'un des noyaux polaires du sac embryonnaire. La double fécondation des Angiospermes conduit à deux fusions nucléaires : l'une, donnant l'œuf embryon, l'autre, l'œuf albumen. Précisément cet œuf albumen ne constitue-t-il pas l'équivalent phylogénétique de l'œuf des Gymnospermes? Aussi est-ce dans le développement de l'albumen que l'on devra retrouver le stade syncitial de l'embryon des Gymnospermes. L'albumen de type nucléaire, opposé au type cellulaire, semble le plus répandu parmi les Angiospermes. Ce stade « liquide » est généralement suivi de la formation de membranes séparant les noyaux, comme il se produit dans l'embryon des Gymnospermes.

On peut donc considérer l'albumen du type nucléaire comme le plus primitif,

(*) Séance du 3 octobre 1955.

ayant conservé un des caractères de l'embryon des Gymnospermes, alors que le type cellulaire est plus évolué. Cette forme d'albumen se rencontre, en effet, dans des familles certainement très évoluées, comme les Composées.

Il est intéressant de noter qu'en reprenant l'assimilation de Chadefaud entre archégone et anthéridie (*fig.* 1 et 2) la cellule sexuelle du grain de pollen des Abiétacées est déjà la correspondante de l'oosphère des Angiospermes, c'est-à-dire la cellule du canal du ventre de l'archégone type. L'évolution du gamétophyte femelle par rapport à celle du gamétophyte mâle est en retard, non seulement sur la diminution du nombre des cellules, mais encore sur l'origine de la cellule sexuelle.



c_1, cellules du col; c_2, cellules du canal du col; a, cellule du canal du ventre ; A, oosphère (noyau polaire chez les Angiospermes).

On obtient donc une série de types évolutifs chez les deux groupes considérés. Mais on peut voir le problème de plus loin à travers l'ensemble des Archégoniates.

L'évolution se fait par simplification de l'archégone. La cellule oosphère, d'abord loin de l'extrémité distale du col, voit celle-ci se rapprocher progressivement :

chez les Bryophytes (*fig.* 3), avant d'arriver à l'oosphère on trouve de nombreuses cellules du canal du col : c_2 et la cellule du canal du ventre : a;

chez la plupart des Ptéridophytes (*fig.* 4), il y a une à deux cellules du canal du col : c_2 et la cellule du canal du ventre a;

chez la plupart des Gymnospermes (*fig.* 5), c'est uniquement la cellule du canal du ventre a qui sépare l'oosphère de l'extérieur;

chez les Angiospermes, c'est cette cellule du canal du ventre a qui devient l'oosphère.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Sur deux cyclitols nouveaux, le l-bornésitol isolé de* Lathyrus vernus *Bernh., le d-ononitol isolé d'*Ononis Natrix *L.* (*Légumineuses*). Note de M. **Victor Plouvier**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

La recherche du pinitol chez les Légumineuses m'a permis d'obtenir deux cyclitols nouveaux dont la description fait l'objet du présent travail. L'un, isolé de quelques *Lathyrus*, est le *l*-bornésitol, antipode optique du *d*-bornésitol

déjà connu. Pour l'autre, isolé de l'*Ononis Natrix*, je propose le nom de *d*-ononitol. Les méthodes d'extraction et de purification ont été décrites à propos du liriodendritol ([1]).

l-bornésitol. — Obtenu à partir des tiges feuillées de *Lathyrus vernus*. Rdt 0,33 brut pour 100 g sec, en août-octobre.

Prismes incolores, de saveur légèrement sucrée, anhydres, solubles dans l'eau, peu solubles dans l'alcool à froid (beaucoup moins solubles que le pinitol à chaud), insolubles dans l'éther, le benzène, le chloroforme. F_{inst} 203-204°, avec sublimation au delà sans décomposition. Pouvoir rotatoire en solution aqueuse à 2 % : $[\alpha]_D - 32°$. Formule brute : $C_7H_{14}O_6$, calculé %, C 43,29; H 7,26; trouvé %, C 43,37; H 7,55. P. M. 194,18. Dosage de méthoxyle %, OCH_3, calculé 15,98; trouvé 15,70, d'où la formule $C_6H_{11}O_5 - OCH_3$. Mêmes caractères généraux que le liriodendritol ([1]). Après oxydation nitrique, les trois réactions colorées des inositols sont fortement positives. La déméthylation par l'acide iodhydrique fournit le *méso*-inositol (identifié comme pour le liriodendritol).

Dérivé pentacétylé : obtenu par l'anhydride acétique et l'acétate de sodium, recristallisé deux fois dans l'alcool à 80°. Aiguilles ou prismes insolubles dans l'eau, solubles dans l'alcool à 95°, le chloroforme. Au bloc Maquenne, 1re fusion à 142°, puis solidification favorisée par grattages et 2e fusion à 157°, sublimation sans décomposition vers 170°. Pouvoir rotatoire en solution chloroformique à 3 % : $[\alpha]_D - 11°2$. Formule : $C_6H_6(O_2C_2H_3)_5OCH_3$, calculé %, C 50,47; H 5,98; trouvé %, C 50,61; H 6,05. P. M. 404,36. Indice d'acétyle %, $(CH_3CO)_5$, calculé 53,22; trouvé 52,88.

Le cyclitol étudié est donc un éther monométhylique du *méso*-inositol, ayant cinq oxhydriles acétylables. Ses propriétés permettent de le comparer au *d*-bornésitol isolé par Girard en 1871 du caoutchouc de Bornéo (*Urceola elastica* DC., *U. esculenta* Benth., Apocynacées) ([2]) et retrouvé par King et Jurd en 1953 dans le *Sarcocephalus diderrichii* Wild. (Rubiacée) ([3]). Ces derniers auteurs ont précisé les constantes du *d*-bornésitol : F 201-202°, $[\alpha]_D + 31°4$, dérivé pentacétylé F 138-139° et 157°, $[\alpha]_D + 11°8$. Le cyclitol du *Lathyrus vernus* a pratiquement les mêmes constantes, à l'exception du signe des pouvoirs rotatoires : c'est donc le *l*-bornésitol.

Celui-ci a également été isolé de *Lathyrus heterophyllus* L., *L. hirsutus* L., *L. latifolius* L., *L. sativus* L., *L. sylvestris* L. Cinq autres espèces en étaient dépourvues; aucun *Lathyrus* n'a fourni de pinitol.

d-ononitol. — Obtenu à partir des tiges feuillées d'*Ononis Natrix*. Rendement

---

([1]) V. PLOUVIER, *Comptes rendus*, 241, 1955, p. 765.
([2]) A. GIRARD, *Comptes rendus*, 73, 1871, p. 426.
([3]) F. E. KING et JURD, *J. Chem. Soc.*, 1953, p. 1192-1195.

0,68 brut pour 100 g sec, en août (les tiges principales fibreuses ayant été éliminées).

Prismes ou lames pointues brillantes, incolores, de saveur légèrement sucrée; solubilités analogues à celles du *l*-bornésitol. Hydratés, ils perdent 8,73 % de leur poids par dessiccation dans le vide à 95°; calculé pour une molécule d'eau 8,48 %. F_{inst}, anhydre, 172°, avec sublimation au delà sans décomposition. Pouvoir rotatoire en solution aqueuse à 2 % : $[\alpha]_D + 6°,6 (\pm 1°)$. Formule brute : $C_7H_{14}O_6$, calculé %, C 43,29; H 7,26; trouvé %, C 43,09; H 7,44. Dosage de méthoxyle %, OCH_3, calculé 15,98; trouvé 16,06, d'où la formule $C_6H_{11}O_5-OCH_3$. Mêmes caractères généraux que le *l*-bornésitol; les trois réactions des inositols sont positives. La déméthylation fournit le *méso*-inositol.

Dérivé pentacétylé : obtenu et purifié comme celui du *l*-bornésitol. Cristaux cubiques ou octaédriques insolubles dans l'eau, solubles dans l'alcool à 95°, le chloroforme. F 122° et 131°. Pouvoir rotatoire en solution chloroformique à 3 % : $[\alpha]_D - 11°,8$. Formule : $C_6H_6(O_2C_2H_3)_5OCH_3$, calculé %, C 50,47; H 5,98; trouvé %, C 50,23; H 6,15. Indice d'acétyle %, $(CH_3CO)_5$, calculé 53,22; trouvé 53,55.

Le *d*-ononitol est donc un éther monométhylique du *méso*-inositol, ayant cinq oxhydriles acétylables. Isomère des bornésitols et du séquoyitol, il s'en distingue par ses constantes, d'où la position différente de son méthoxyle. Il a également été isolé d'*Ononis alopecuroides* L., *Dolichos Lablab* L. (Dolique violet d'Égypte), *Vigna Catjang* Walp., mettant ainsi un point commun entre les Trifolieæ et Phaseoleæ. Cinq autres espèces d'*Ononis* en étaient dépourvues mais ont fourni du pinitol.

La théorie prévoit six éthers monométhyliques isomères : 2 inactifs et 4 actifs énantiomorphes deux à deux. Le *méso*-inositol ayant la configuration 1, 2, 3, 5/4, 6 (Posternak, 1942), le méthoxyle occupe les positions 2 et 5 chez les inactifs (séquoyitols), 1, 3, 4, 6 chez les actifs (bornésitols et ononitols). Par ionophorèse, Foster et Stacey (1953) ont montré que les positions 3 et 6 appartiennent aux bornésitols. Les ononitols seraient donc les 1- et 4-méthyl *méso*-inositol. Foster (1953) ayant caractérisé par ionophorèse les 2- et 5-méthyl *méso*-inositol dans les séquoyitols isolés de Gymnospermes, 5 éthers sur 6 ont été trouvés jusqu'à maintenant dans les végétaux. On peut présumer que le *l*-ononitol y sera aussi rencontré tôt ou tard.

En résumé, deux cyclitols isomères nouveaux, $C_6H_6(OH)_5OCH_3$, éthers monométhyliques du *méso*-inositol ont été décrits, ainsi que leur dérivé pentacétylé : le *l*-bornésitol isolé du *Lathyrus vernus*, le *d*-ononitol isolé de l'*Ononis Natrix.* Ils diffèrent par la position de leur méthoxyle (respectivement placé en 3 ou 6, 1 ou 4). Le bornésitol est le premier éther méthylique des inositols découvert à l'état naturel sous ses deux formes énantiomorphes.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Alcaloïdes des Voacanga : structure de la voacangine.* Note de MM. **Maurice-Marie Janot** et **Robert Goutarel**, présentée par M. Marcel Delépine.

La voacangine $C_{22}H_{28}O_3N_2$ conduit par saponification alcaline à un acide qui est facilement décarboxylé en milieu acide. Le produit final obtenu est identique à l'ibogaïne : $C_{20}H_{26}ON_2$. La voacangine est donc une carbométhoxy-ibogaïne.

Trois alcaloïdes ont été isolés des écorces de tronc et des racines du *Voacanga africana* Stapf et du *Voacanga Thouarsii* R. et Sch., *var. obtusa* (K. Sch.) Pichon : voacamine, vobtusine ([1]) et voacangine ([2]).

La voacamine a été décrite peu de temps après sous le nom de voacanginine ([3]), le premier terme en raison de son antériorité devrait de préférence être seul conservé.

La voacangine répond à la formule brute $C_{22}H_{28}O_3N_2$: calculé %, C 71,71; H 7,66; N 7,60; trouvé %, C 71,79; H 7,67; N 7,63. Elle possède deux groupes OCH_3 : calculé % 16,84, trouvé % 16,42 et un hydrogène mobile : calculé % 0,27, trouvé % 0,35. Elle ne renferme pas de groupe méthyl-imine. P. M., calculé 368; trouvé 363.

Les constantes physiques sont F 137-138°; $[\alpha]_D - 42°$ ($CHCl_3$, $c = 1$); pK 5,77; spectre ultraviolet : max λ(mμ) 225, log ε 4,43; λ(mμ) 287, log ε 3,97.

Le spectre infrarouge présente une bande ester à 5,87 μ et dans la région de 12 à 12,4 μ les bandes du benzène trisubstitué-1.2.4.

La voacangine saponifiée par la potasse méthanolique 2*n*, conduit à un acide qui se décarboxyle aisément en milieu acide (ClH) à la température du bain-marie. On obtient finalement un produit basique cristallisé de formule brute $C_{20}H_{26}ON_2$: calculé %, C 77,38; H 8,44; N 9,03; trouvé %, C 77,70; H 8,45, N 9,32. Les constantes physiques, F 150-151° (mélange avec l'ibogaïne F 150-151°); $[\alpha]_D - 50 \pm 2°$ (éthanol, $c = 1$); spectre ultraviolet : λ(mμ) 227, log ε 4,41; λ(mμ) 293, log ε 3,97, sont celles de l'ibogaïne. Les spectres infrarouge du produit de décarboxylation de l'acide voacangique et de l'ibogaïne sont parfaitement superposables.

La voacangine est donc une carbométhoxy-ibogaïne.

Si l'on admet comme hypothèse de travail la formule (I*a*) R = H, proposée par l'un de nous ([4]) pour l'ibogaïne, formule basée principalement sur l'obten-

---

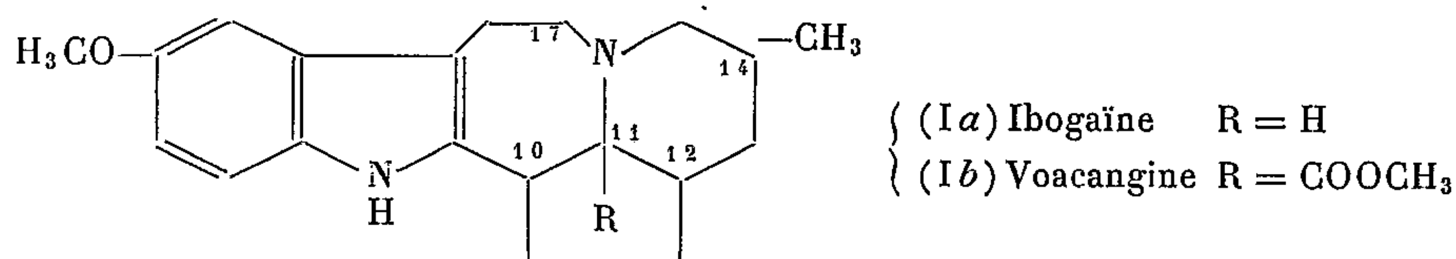
([1]) M.-M. Janot et R. Goutarel, *Comptes rendus*, 240, 1955, p. 1719.

([2]) M.-M. Janot et R. Goutarel, *Comptes rendus*, 240, 1955, p. 1800.

([3]) J. La Barre et L. Gillo, *Société Belge de Biologie*, séance du 30 avril 1955, in J. La Barre et L. Gillo, *Bull. Acad. Roy. Méd. Belgique*, 20, 1955, p. 194.

([4]) R. Goutarel, *Thèse Doct. Sciences*, Paris, 1954.

tion du diméthyl-1.2 éthyl-3 hydroxy-5 indole ([5]) et de la méthyl-3 éthyl-5 pyridine ([6]) dans la fusion potassique de l'ibogaïne, on peut proposer pour la voacangine la formule (I*b*) $R = COOCH_3$.



En effet, la facile décarboxylation de l'acide voacangique peut être attribuée à un carboxyle fixé à un carbone trisubstitué ; d'autre part, la voacangine est une base faible (pK 5,77), alors que l'ibogaïne est une base relativement forte (pK 8,05), ce qui peut s'interpréter par la présence dans la voacangine d'un groupe ester en position α par rapport à l'atome d'azote. La position du groupe ester sur le carbone 11 est donc en principe la plus vraisemblable. Cependant la position 10 est également possible, la décarboxylation étant dans ce cas influencée par le voisinage de la double liaison indolique ; les positions 12 et 14 ne sont pas entièrement à éliminer (carbones tertiaires). Quant à la position 17, ou position « tryptophane », elle ne serait justifiable que selon les hypothèses biogénétiques en usage dans cette série alcaloïdique.

Conclusion. — La simple saponification suivie de décarboxylation permet de passer de la voacangine, à structure jusqu'alors inconnue, à l'ibogaïne ; or, d'après une récente étude de La Barre et Gillo ([3]), la voacangine et la voacamine (voacanginine) posséderaient une remarquable action cardiotonique, propriété considérée comme l'apanage d'hétérosides dits cardiotoniques, constitués par une fraction osidique reliée à une génine formée d'une molécule stéroïde associée à un cycle lactonique insaturé à 5 ou 6 chaînons ; la structure ici proposée pour la voacangine est totalement différente.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *La vanilline existe-t-elle préformée, à l'état libre ?* Note de M. **René Salgues**, présentée par M. Marcel Delépine.

Eryngium poterium Chodat, à odeur de vanille et beaucoup d'autres plantes dégageant le même parfum, ne reconnaissent pas la vanilline comme origine, mais bien la méthylvanilline et l'héliotropine (pipéronal), aldéhydes qui ne paraissent pas issus d'un dédoublement enzymatique comme la vanilline l'est à partir du vanilloside. Nous n'avons aucun exemple de vanilline préformée à l'état libre.

Avec ses 200 espèces environ des zones chaudes et tempérées, le genre *Eryngium* L., est l'un des moins connus chimiquement. De certaines

([5]) E. Schlittler, C. A. Burckhardt et E. Gellert. *Helv. Chim. Acta*, 36, 1953, p. 1337.

([6]) R. Goutarel, M.-M. Janot, F. Mathys et V. Prelog, *Comptes rendus*, 237, 1953, p. 1718.

espèces, l'on a pu extraire des huiles essentielles, mais aucun *Eryngium* n'a fait l'objet d'investigations suffisamment poussées pour en extraire des hétérosides.

Nous avons étudié des *Eryngium* du Paraguay et de l'Uruguay. Dans une espèce, *Eryngium paniculatum* Cav. des régions sèches, mais dont les dispositions foliaires retiennent de l'eau de condensation à leur base, nous avons pu isoler un hétéroside cyanogénétique donnant, après dédoublement enzymatique, 0,186 % d'acide cyanhydrique de l'aglycone cyanhydrique, du parahydroxybenzaldéhyde et du glucose, ce qui le rapproche de l'amygdonitrileglucoside. L'hydrolyse fermentaire par le procédé de Bourquelot révèle pour la première fois la présence d'un tel hétéroside chez les Ombellifères.

Toutefois, l'intérêt de cette Note n'est point là. Observé sur place, recueilli en quantités suffisantes et stabilisé pour l'étudier complètement, l'*Eryngium poterium* Chodat nous permet de répondre négativement à la question : la vanilline, à l'état libre, existe-t-elle préformée ? Il s'agit d'une très belle plante hygrophile croissant sur l'alluvion argileux de marécages et qui dégage une nette odeur de vanille.

L'extraction à l'alcool bouillant, faiblement alcalinisé par $BaCO_3$, la distillation et la reprise par l'eau du résidu alcoolique, l'épuisement par l'éther sulfurique de ce résidu ont permis de séparer, d'une part, une solution aqueuse, d'autre part, un reliquat lipidique et cireux, avec huile essentielle et pigments qui ont été traités l'un et l'autre par le procédé biochimique de Bourquelot. Le résultat indiscutable est l'absence de vanilloside, donc de vanilline. Le résidu d'évaporation de la fraction aqueuse, après traitement par une solution d'acétate d'éthyle, dessiccation au contact de l'air à la température ordinaire, reprise par l'eau, épuisement par l'éther et après action de l'émulsine, n'a pas davantage donné de vanilloside que la liqueur primitive. Le traitement des diverses fractions n'a mis en évidence aucun produit de dédoublement odorant et colorable en bleu violet par le perchlorure de fer dilué. L'indice de réduction enzymolytique est pratiquement nul, voisin de 2; rappelons que pour des vanilles de richesse moyenne en vanilline, il est de $\pm$ 220.

Mais s'il n'existe pas de vanilloside, le procédé d'extraction employé a confirmé la présence d'un principe odorant vanilliné dans la portion solubilisée dans l'éther. 6 % sont constitués par une huile essentielle dans laquelle nous avons mis en évidence : la *méthylvanilline* (3.4-diméthoxybenzaldéhyde) caractérisée par ses phénylhydrazones F 121° (cristallisée de l'alcool) et 2.4-dinitrophénylhydrazone F 262° (cristallisée du nitrobenzène); l'*héliotropine* (3.4-méthylènedioxybenzaldéhyde) caractérisée par ses *p*-nitrophénylhydrazone F 201°, 2.4-dinitrophénylhydrazone F 264° (cristaux rouges dans l'acide acétique glacial), l'un et l'autre produits à

nette odeur de vanille. De ces deux composés parfumés, se combinant avec le bisulfite de sodium, le second nous a fourni en outre une semicarbazone F 223°,5 et une thiosemicarbazone F 184°. Il semble donc résulter que les effluves évidents de vanille ne sont pas le fait de vanilloside, générateur de vanilline, c'est-à-dire d'un aglycone aldéhyde, mais d'aldéhydes apparaissant spontanément et excluant formellement comme processus formatif un dédoublement enzymatique. Nous n'avons pas étudié certes tous les organes végétaux à nette odeur de vanille, mais nous avons vérifié le fait pour les Orchidées (*Nigritella angustifolia*, *Gymnadenia conopea*, *G. odoratissima*), Amaryllidacées (*Polianthes tuberosa*), Liliacées (*Smilax aspera*), Rubiacées (*Asperula odorata*, *Galium verum*), etc., qui font la preuve d'un aldéhyde apparent, primaire, non d'un aldéhyde résultant d'action fermentaire.

En revanche, l'existence de vanilloside à aglycone aldéhydique, vanilline vraie, n'est pas spontanément décelable. C'est un dédoublement enzymatique consécutif à la dessiccation (fleurs de *Cephalanthera grandiflora*, *Epipactis atrorubens*, *Spiræa ulmaria*, écorces de *Tilia platyphylla*, *Dahlia* sp., germes en vie latente de Blé, de *Lupinus albus*, *L. angustifolius*, *Amorpha fruticosa*, etc.) qui libère la vanilline et il est impossible à ce stade de mettre en évidence la présence tant de méthylvanilline que de pipéronal dont la genèse dépendrait d'ailleurs d'autres constituants.

ANATOMIE. — *L'organe pleurogrammique (ligne latérale) abdomino-caudal des* Pleuronectiformes *du sous-ordre des* Soleoidei. Note de M. **Paul Chabanaud**, présentée par M. Louis Fage.

Chez les *Soleoidei* dextres (*Achiridæ* et *Soleidæ*) [1], abstraction faite des canaux sensoriels de la région céphalique, l'organe pleurogrammique abdomino-caudal (ou ligne latérale) ne comporte qu'un seul canal sensoriel, qui est entièrement synaxonal et dont la présence est constante sur les deux faces du corps. Ce canal est situé en profondeur; il passe dans une série de tubulures formées par les écailles pleurogrammiques qui, réduites à leur seul pholidoplaxe, sont incluses tout entières dans le corium. Les écailles inhérentes aux deux séries paragrammiques (l'épaxonale et l'hypaxonale) recouvrent les écailles pleurogrammiques et, *a fortiori*, le canal lui-même, dont seuls les pores qu'il émet de distance en distance, décèlent la présence (*fig.* 1) [2]. Les organites de l'intérieur du canal sont innervés par de fins tractus, émis par le nerf latéral superficiel et qui

(1) *Comptes rendus*, 240, 1955, p. 561.

(2) Cunningham, *A Treatise of the common sole*, Plymouth, 1890, p. 75, *pl.* 14, *fig.* 6.

traversent la partie antérieure de chaque écaille pleurogrammique ou passent entre deux écailles pleurogrammiques consécutives ([3]). Les écailles paragrammiques sont en contact réciproque et leur bord énantique est sinué par le pore, qui est toujours simple. L'atrophie des écailles pleurogrammiques est spéciale à ces deux familles de *Soleoidei*, mais leur tubulure, comme la présence de l'unique canal synaxonal, est constante, du moins sur la face zénithale, dans les trois autres sous-ordres de Pleuronectiformes : *Psettodoidei*, *Citharoidei* et *Pleuronectoidei*.

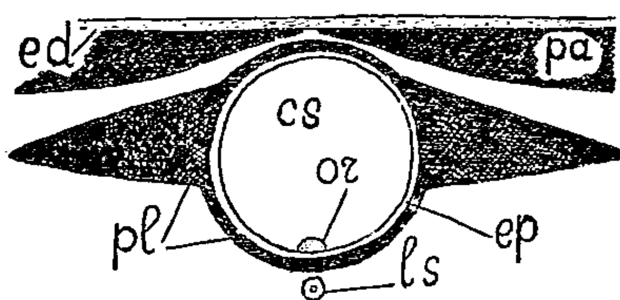


Fig. 1. — *Achiridæ Soleidæ*.

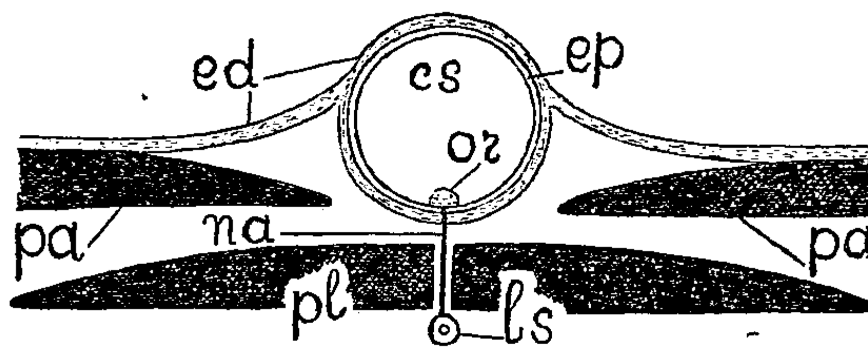


Fig. 2. — *Cynoglossidæ*.

cs canal sensoriel; *ed*, épiderme; *ep*, épithélium interne du canal; *ls*, nerf latéral superficiel; *na*, nerf de l'organite; *or*, organite; *pa*, écaille paragrammique (partie latérale); *pl*, écaille pleurogrammique. Le pore n'est pas représenté. Ces deux figures, extrêmement schématiques, rassemblent sur un même plan tout ce qui ne pourrait être mis en évidence que par une longue série de coupes transversales.

Dans la famille sénestre des *Cynoglossidæ* (*fig.* 2), l'organe pleurogrammique, totalement déficient chez les *Symphurus*, malgré la présence du nerf latéral profond est, au contraire, très développé dans les deux genres *Cynoglossus* et *Paraplagusia* où, à une seule exception près, il se compose de plusieurs lignes latérales, ordinairement complètes — ce qui est sans autre exemple, non seulement dans l'ordre des *Pleuronectiformes*, mais encore et pour autant que je le sache, dans n'importe quel groupe de Téléostéens symétriques. Dans ces deux genres, les lignes latérales zénithales sont au nombre de 1 (la synaxonale), de 2 (l'épaxonale et la synaxonale) ou de 3 (l'épaxonale, la synaxonale et l'hypaxonale); les nadirales, au nombre de 0, 1 ou 2 (l'épaxonale et la synaxonale).

Tant sur la face nadirale que sur la face zénithale du corps, chaque canal sensoriel se situe contre la face externe des écailles pleurogrammiques qui, lorsqu'elles sont cycloïdes, ne diffèrent en rien des écailles paragrammiques adjacentes, lesquelles, à l'encontre de ce qui existe à cet égard dans les deux familles dextres, sont largement séparées l'une de l'autre; mais, lorsque ces mêmes écailles pleurogrammiques sont cténoïdes, le canal creuse leur bord antérieur d'une légère sinuosité,

(3) Cunningham, *ibid.*; Cole et Johnstone, *Pleuronectes*, London, 8, 1901, p. 165, *pl.* 7, *fig.* 23.

marque leur face externe d'une impression longitudinale et divise le champ acanthogène en deux moitiés égales entre elles ([4]). Qu'il s'agisse du canal synaxonal ou de l'un quelconque des deux autres canaux sensoriels, les organites sont innervés par de fins tractus, issus d'un nerf latéral superficiel, qui longe la face interne des écailles pleurogrammiques. Chaque nerf latéral superficiel est relié à l'unique nerf latéral profond par une série de commissures ([5]). Toutes les écailles pleurogrammiques sont traversées par les tractus qui relient chaque organite au nerf latéral superficiel concomitant.

Chez les espèces dont les écailles pleurogrammiques sont initialement cycloïdes, les pores s'ouvrent à l'extrémité d'un diverticule (il peut y avoir deux diverticules : l'un dorsal et l'autre ventral); mais, lorsque les écailles pleurogrammiques sont cténoïdes ou si, primitivement cténoïdes elles sont devenues cycloïdes, l'âge aidant, par l'effet d'une coalescence progressive des spinules ([6]), les pores ne sont jamais diverticulés.

S'ajoutant à la présence des pseudaxonostes ([7]), la situation particulière des canaux sensoriels et leur multiplication constituent autant de caractères qui rendent difficile la dérivation hypothétique des *Cynoglossidæ* à partir de n'importe quel autre groupe de *Pleuronectiformes*.

NUTRITION. — *Rôle physiologique des antibiotiques comme facteurs de sénescence*. Note de MM. **Claude Calet** et **Raymond Jacquot**, présentée par M. Maurice Lemoigne.

L'augmentation du taux des lipides corporels sans élévation des protides, la réduction de la dépense énergétique traduite par le meilleur rendement calorique de la ration, la chute de l'acide désoxyribonucléique et la diminution du rapport nucléoplasmatique dans le foie, permettent de croire que l'auréomycine administrée *per os* agit comme un agent de sénescence et non comme un facteur de croissance.

Les antibiotiques sont couramment utilisés dans l'alimentation des porcs et des volailles. Leur action se manifeste par un développement pondéral plus rapide et un indice de consommation amélioré. Toutefois, on ne saurait attribuer aux antibiotiques le rôle de facteurs de croissance. Plusieurs arguments permettent, au contraire, d'interpréter leur effet nutritionnel comme une manifestation de la sénescence.

([4]) Chabanaud *apud* Gruvel, *Mém. Inst. Égypte*, 35, 1937, p. 7, *fig.* 6.

([5]) Wu, *Contribution à l'étude...des Poissons hétérosomes de la Chine* (*Thèse*, Paris, 1932, n° 268, p. 47-49, *fig.* 18).

([6]) Cette transformation progressive des écailles est observable sur un même individu.

([7]) *Pseudaxonoste* est préférable à l'expression nominative *axonoste libre* (*Comptes rendus*, 240, 1955, p. 561).

A. Nous avons précédemment montré (1) que le bénéfice pondéral provoqué par adjonction d'auréomycine à la ration du rat correspondait essentiellement à un engraissement précoce. Chez des animaux de 70 g, le taux des lipides passe de 6 g pour les témoins à 11 g pour les sujets traités. Au contraire, le taux des protides ne subit pas d'augmentation et se trouve même diminué chez les animaux recevant de l'auréomycine (9,8 g contre 11 g pour les témoins). On ne saurait donc parler d'un rôle de croissance de l'auréomycine puisque l'intensité de la protéinogenèse n'est pas accrue. L'engraissement, par contre, est unanimement reconnu comme un signe de vieillissement.

B. Sous l'effet de l'auréomycine, on observe un double phénomène.

D'une part, le rendement alimentaire (indice de consommation) est supérieur; d'autre part, il y a accumulation de lipides qui sont les constituants de la carcasse à plus fort potentiel énergétique. Ce qui revient à dire que l'auréomycine améliore le « rendement énergétique » des ingesta. Le calcul montre que pour une même quantité de calories ingérées, le potentiel énergétique de la carcasse double sous l'effet de l'auréomycine. La valeur du rapport calories de la carcasse/calories ingérées $\times$ 100 passe de 2,25 à 5,24. Ce meilleur rendement ne peut s'expliquer que par une dépense énergétique plus faible. Or, il est bien connu que le métabolisme des sujets âgés est ralenti. C'est sous le même angle qu'on pourrait interpréter l'action d'épargne des antibiotiques vis-à-vis de nombreux métabolites essentiels : vitamines A et D, vitamines B (2), éléments minéraux, etc.

C. Les acides nucléiques sont les témoins incontestables de l'activité cellulaire. Il était donc intéressant de rechercher s'ils variaient sous l'influence des antibiotiques. Voici nos résultats dans le tableau ci-après.

La constance de l'azote protéique du foie vient à nouveau montrer que l'auréomycine ne stimule pas la protéinogenèse. Le fait le plus significatif est la chute de l'acide désoxyribonucléique qui atteint 30 % par *foie total*. Cet abaissement correspond à une diminution du nombre des noyaux qui peut signifier, soit une réduction du nombre des cellules hépatiques, soit une augmentation relative du cytoplasme par rapport au noyau. Cette dernière hypothèse semble confirmée, d'une part par la diminution de l'acide désoxyribonucléique par *gramme de foie*, d'autre part par le taux plus élevé d'acide ribonucléique dans le foie total. On assisterait donc à une diminution du rapport nucléo-plasmatique du foie sous l'effet de l'antibiotique. Une telle variation est une donnée de plus pour prétendre que l'auréomycine est un agent de sénescence.

(1) C. Calet et R. Jacquot, *Comptes rendus*, 240, 1955, p. 1370.

(2) C. Calet, A. Rerat et R. Jacquot, *Comptes rendus*, 236, 1953, p. 2340.

Rats pesant au départ 25 g, soumis à un régime complet sauf en ce qui concerne les vitamines B (*taux restreint au tiers des besoins théoriques, sacrifiés après* 56 *jours*).

Constituants du foie (mg).	Avec auréomycine.	Sans auréomycine.
Azote protéique.		
Par foie total	126	126,5
Par foie total pour 100 g de poids vif	130	135,5
Par gramme de foie	29	32
Acide ribonucléique (*).		
Par foie total	1,86	1,62
Par foie total pour 100 g de poids vif	1,92	1,76
Par gramme de foie	0,42	0,41
Acide désoxyribonucléique (*).		
Par foie total	0,67	0,80
Par foie total pour 100 g de poids vif	0,70	0,90
Par gramme de foie	0,15	0,20

(*) Exprimé en phosphore.

D. Notre point de vue, fondé sur l'analyse biochimique des constituants de la carcasse, est fortement étayé par les observations d'autres auteurs. R. Braude et B. C. Johnson ([3]) estiment que les antibiotiques provoquent une activité métabolique diminuée qui se traduit par la réduction des pertes d'eau sous forme de perspiration et de ventilation pulmonaire. French et col. ([4]) montrent que les antibiotiques abrègent la durée de vie, sans qu'il soit possible, d'ailleurs, d'invoquer un motif précis de la mortalité.

NUTRITION. — *Influence comparée de la carence* B_6 *et de l'isonicotinylhydrazide* (INH) *sur le métabolisme du* L-*tryptophane et du* D-*tryptophane chez le Rat blanc.* Note de Mme **Francine Charconnet-Harding** et M. **Jean Abraham**, présentée par M. Maurice Lemoigne.

Contrairement à ce qui a été décrit chez l'Homme, l'INH ne modifie pas le métabolisme du L-tryptophane chez le Rat. Par contre, la carence B_6 et l'administration d'INH ont les mêmes effets sur le métabolisme du D-tryptophane, à savoir une forte augmentation de l'élimination urinaire des dérivés indoliques.

La littérature fournit de nombreux exemples de l'action *in vitro* de l'isonicotinylhydrazide (INH) comme antagoniste de la vitamine B_6. On sait aussi que, chez l'Homme, l'INH provoque une augmentation

([3]) *J. Nutrit.*, 49, 1953, p. 505.

([4]) C. E. French, J. A. Uram, R. H. Ingram et R. W. Swift, *J. Nutrit*, 54, 1954, p. 75.

de l'excrétion urinaire de B_6 et donne lieu à une excrétion accrue d'acide xanthurénique, après ingestion d'une dose test de tryptophane ([1]). Il nous a paru intéressant de voir si ces faits s'étendent à d'autres espèces et d'étudier chez le Rat blanc le sort de l'extra-tryptophane lors de la carence B_6 ou de l'administration (ingestion ou injection) d'INH. Les animaux, répartis en lots de huit rats, étaient soumis aux rations suivantes : régime carencé en B_6, régime avec INH (1 et 2 g/kg de régime), régime équilibré administré *ad libitum*, régime équilibré limité au taux d'ingestion du lot carencé B_6. Après trois semaines, on ajoute aux rations une dose test de tryptophane. On étudie par chromatographie sur papier ([2]) l'excrétion urinaire des dérivés de cet acide aminé et l'on procède à la recherche de l'acide xanthurénique (test à l'alum ferrique en milieu tampon bicarbonate) et au dosage du noyau indol (méthode d'Eckert) ([3]).

La moyenne individuelle d'accroissement de poids après 30 jours est la suivante :

Régime.	Augmentation de poids (g).
Carencé B_6	60
INH (1 g/kg)	96
INH (2 g/kg)	60
Équilibre limité	68
Équilibré *ad libitum*	125

Métabolisme du L-*tryptophane*. — La surcharge de L-tryptophane est de 150 mg pour 48 h. Chez les animaux carencés en B_6, on retrouve les anomalies déjà signalées, à savoir une forte excrétion urinaire d'acide xanthurénique. Par contre, l'urine des rats recevant de l'INH ne présente aucunement le chromatogramme classique de la carence B_6. Les dérivés de la cynurénine sont absents ou n'existent qu'à l'état de traces. En outre, on n'observe aucune excrétion d'acide xanthurénique (fait déjà signalé par N. Rosen) ([4]). Le tableau suivant montre que l'excrétion des dérivés indoliques (exprimés en tryptophane) demeure sensiblement constante dans tous les lots.

Métabolisme du D-*tryptophane*. — La surcharge de D-tryptophane est de 150 mg pour 48 h. Ni la carence B_6, ni l'administration d'INH ne provoque l'excrétion d'acide xanthurénique. Par contre, elles entraînent une forte élimination urinaire de dérivés indoliques, comme le montre le tableau suivant :

(1) J. P. Biehl et R. W. Vilter, *Proc. Soc. Exper. Biol. and Med.*, 85, 1954, p. 389-392.
(2) C. E. Dalgliesh, *Biochem. J.*, 52, 1952, p. 3-14.
(3) H. W. Eckert, *J. Biol. Chem.*, 148, 1943, p. 205.
(4) *Proc. Soc. Exptl. Biol. Med.*, 88, 1955, p. 243-246.

Excrétion urinaire de dérivés indoliques (appréciés en tryptophane) après surchage du régime en L-, D- *et* DL-*tryptophane* (moyenne des chiffres de 4 rats).

Régime.	$\frac{\text{Extra-tryptophane excrété}}{\text{Extra-tryptophane ingéré}} \times 100$. L-tryptophane.	D-tryptophane.	DL-tryptophane.
Témoin limité	2,8	6,3	6,3
Carence B_6	4,9	25,8	15,7
INH (1 g/kg)	1,3	18,7	15,3
INH (2 g/kg)	1,9	32,6	16,8

L'excrétion accrue des dérivés indoliques avait déjà été constatée par T. T. Berezov (5) en carence B_6. Nous la retrouvons avec l'INH. Le sort du D-tryptophane est donc identique dans les deux cas. Il entraîne la coloration des urines en brun et, par addition de chlorure ferrique en milieu chlorhydrique, il s'y développe un pigment rouge qu'on extrait par le butanol.

En résumé, contrairement à ce qui se passe chez l'Homme, l'administration d'INH ne semble pas affecter le métabolisme du L-tryptophane chez le Rat et n'entraîne pas les anomalies dues à la carence B_6. Par contre, si l'on compare l'excrétion des dérivés indoliques après une surcharge en D-tryptophane, la similitude est parfaite entre les effets de l'avitaminose B_6 et ceux d'administration d'INH. La forte augmentation des dérivés indoliques pourrait s'expliquer dans les deux cas par le blocage d'une des réactions de transformation du D-tryptophane en L-tryptophane. Il semble donc que le rôle antivitamine B_6 de l'INH, bien démontré *in vitro*, soit moins étendu chez le Rat que chez l'Homme. Néanmoins, il se manifeste dans un domaine, à savoir le métabolisme du D-tryptophane.

BIOLOGIE. — *Sur la question de la fluorescence des substances chromactives des Crustacés et des Insectes.* Note de M. **Baldassarre De Lerma**, Mme **Marie Dupont-Raabe** et M. **Francis Knowles**, présentée par M. Louis Fage.

Nous avons observé que les *corpora cardiaca* de *Hydrous piceus* (Coléoptère) contiennent, comme un certain nombre d'autres espèces d'Insectes (1), (2), (3), (4) un principe fortement actif sur les chromatophores sombres des crevettes.

(5) *Dokl. Akad. Nauk. S. S. S. R.*, 40, 1953, p. 4.

(1) B. Hanström, *Lunds Univ. Arsskr.*, N. F., 36, 1940, n° 12.
(2) F. A. Jr. Brown et A. Meglitsch, *Biol. Bull.*, 79, 1940, p. 409.
(3) M. Thomsen, *Biol. Medd., Kbh.*, 19, 1943, n° 4.
(4) M. Dupont-Raabe, *Arch. Zool. exp. gén.*, 89, 1952, n° 3, p. 102.

Les extraits aqueux totaux des *corpora cardiaca* possèdent chez l'Hydrophile une certaine fluorescence d'un bleu pâle laiteux; d'autre part, C. L'Hélias [5] a rapporté précédemment que les *corpora cardiaca* des Phasmides présentent après irradiation aux ultraviolets une fluorescence « bleu étincelle ». Nous avons entrepris des expériences de chromatographie et d'électrophorèse des extraits aqueux des *corpora cardiaca* de l'Hydrophile, suivies d'injections à des *Leander serratus*, afin de déterminer si les régions chromactives auraient également quelque fluorescence, ce qui fournirait une méthode simple de détection de très faibles quantités de substances chromactives.

Après électrophorèse à pH 7,5 pendant 4 h (ddp = 400 V, $i = 1{,}5$ mA, largeur du papier : 1 cm), nous avons trouvé dans les extraits des *corpora cardiaca* de l'Hydrophile une bande fortement active située à 2 cm environ du point d'application de l'extrait en direction de la cathode (région — 1), c'est-à-dire dans la même position que la substance A des *corpora cardiaca* du phasme, de la glande du sinus et des organes post-commissuraux des Crustacés [6], [7]. Après chromatographie (solvant : *n*-propanol, 2 parties; solution aqueuse de NH_3 à 1 %, 1 partie), la portion très fortement active sur les chromatophores de *Leander* est située entre Rf 0,30 et 0,35.

Dans certaines expériences nous avons trouvé que la chromactivité était accompagnée d'une fluorescence faible bleu verdâtre. La figure ci-contre donne la répartition de l'énergie dans les spectres de fluorescence de deux éluats aqueux des bandes chromactives séparées par électrophorèse à partir d'un extrait des *corpora cardiaca* de l'Hydrophile et d'un extrait de la glande du sinus de *Leander*. On peut observer que les courbes de fluorescence présentent deux maxima : à 540 mμ dans le vert, et à 460-470 mμ dans le bleu; le premier maximum est plus marqué dans le spectre de la glande du sinus. Dans d'autres expériences cependant, notamment lorsque les extraits ont été effectués à partir d'organes prélevés sur des animaux fraîchement récoltés dans la nature, nous avons constaté

---

(5) *Comptes rendus*, **240**, 1955, p. 1141.

(6) D. Carlisle, M. Dupont-Raabe et F. Knowles, *Comptes rendus*, **240**, 1955, p. 665.

(7) F. Knowles, D. Carlisle et M. Dupont-Raabe, *J. Mar. biol. Ass.* (U. K.), **34**, 1955, p. 611.

Il est peut-être intéressant de rappeler ici que la substance extraite par Cameron à partir des *corpora cardiaca* de la Blatte, et qui provoque une accélération du rythme cardiaque, se situe entre Rf 0,3 et 0,4 [8], [9].

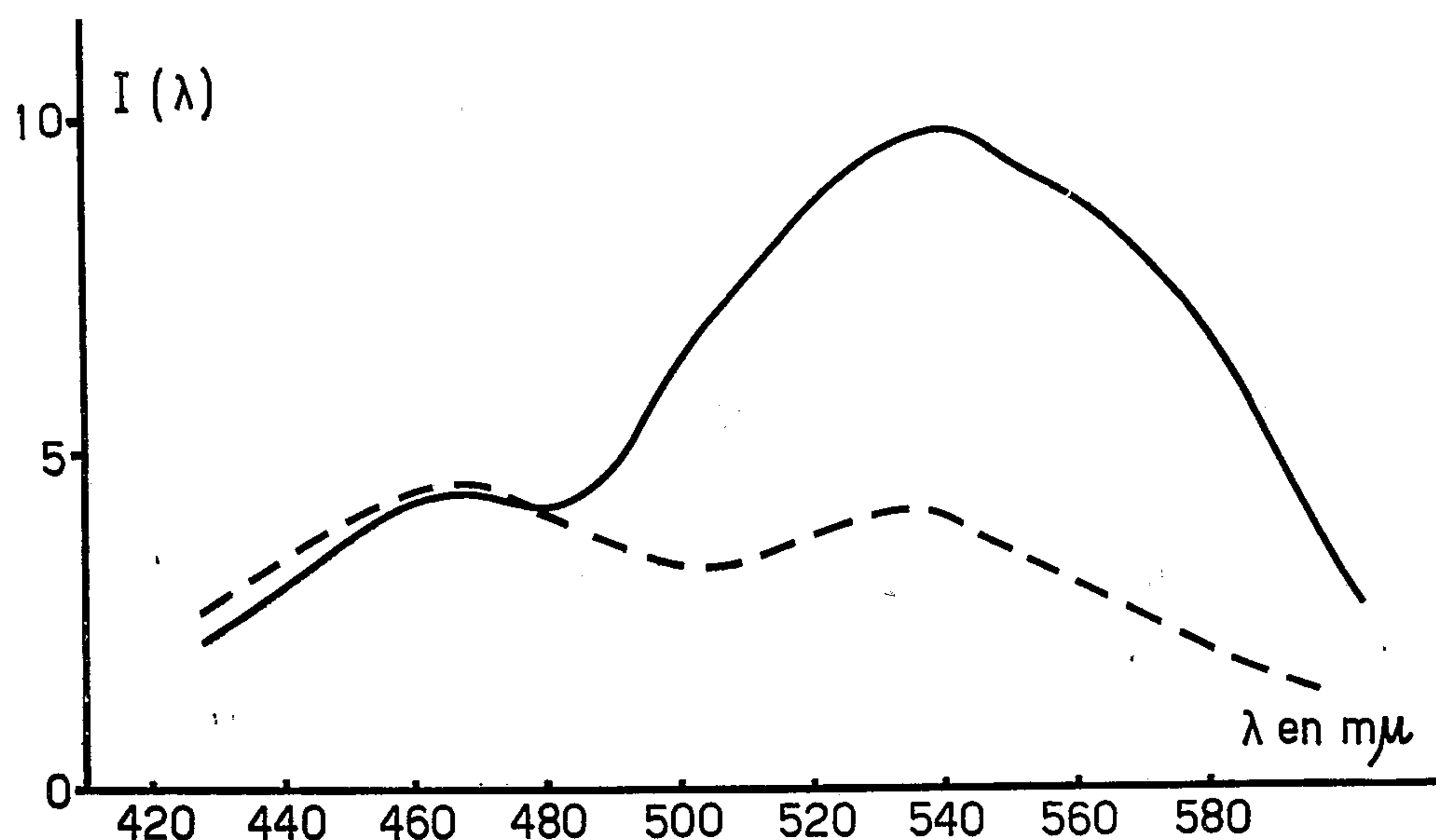
(8) M. L. Cameron, *Nature*, **172**, 1953, p. 349.

(9) V. B. Wigglesworth, *Pubbl. staz. zool. Napoli*, suppl. **24**, 1954, p. 41.

La recherche de la répartition de l'énergie a été effectuée avec la méthode de la spectrophotométrie photographique hétérochrome [De Lerma, 1949 [10]].

(10) B. De Lerma, *Ann. Ist. e Mus. di Zool. Univers. di Napoli*, **1**, 1949, n° 4.

que la substance chromactive des *corpora cardiaca*, obtenue par élution à partir de la région — 1, ou à Rf 0,30-0,35, bien que très fortement active sur les chromatophores, n'était pas fluorescente, avant comme après 30 mn d'irradiation aux ultraviolets. Il s'agit évidemment d'une substance photostable qui résiste à une irradiation prolongée aux ultraviolets ([11]).



Répartition de l'énergie dans les spectres de fluorescence de deux éluats aqueux de bandes chromactives (trait plein : glande du sinus; trait interrompu : *corpora cardiaca*).

Étant donné qu'avec le solvant employé la région du chromatogramme située à Rf 0,30-0,35 correspond à la flavine et à quelques ptéridines et que, d'autre part, C. L'Hélias a relaté précédemment qu'un dérivé ptéridinique, l'acide ptéroyl-glutamique (acide folique) serait chez le Phasme un facteur chromatotrope, nous avons entrepris de tester sur *Leander serratus* l'activité de la flavine et de diverses ptéridines. Les substances suivantes ont été essayées : flavine, flavine irradiée en milieu neutre, xanthoptérine, isoxanthoptérine (= 2-amine-4.7-dihydroxyptéridine), 6-méthyl-isoxanthoptérine, 6.7-diméthyl-ptéridine, acide folique, acide folique irradié (= 2-amine-4-hydroxyptéridine + 2-amine-4-hydroxy-6-carboxyl-ptéridine), acide ptéridine-7-carboxylique, acide ptéridine-7-carboxylique irradié. Dans aucun cas nous n'avons pu observer une réaction spécifique sur les pigments.

En conclusion on peut dire qu'il est possible d'extraire des *corpora*

([11]) Nous avons utilisé une lampe Zeiss Winkell HBO 74 avec brûleur à Hg à haute pression, dont l'émission était concentrée au moyen d'un condensateur en verre uviol.

cardiaca des Insectes des substances chromactives qui ne sont pas fluorescentes; on ne peut affirmer cependant que ces substances chromactives ne puissent à certaines étapes être liées de quelque manière à une substance fluorescente.

BIOLOGIE GÉNÉRALE. — *Conséquences du changement de sexe pour la descendance d'un Amphibien Anoure,* Xenopus lœvis *Daudin. Femelles donnant une progéniture exclusivement mâle.* Note de M. **Louis Gallien**, présentée par M. Maurice Caullery.

Dans une précédente Communication ([1]), j'ai pu établir qu'un mâle génétique de *Xenopus lœvis* Daudin peut être transformé, par l'action d'une hormone gynogène au cours du développement, en une femelle physiologique pleinement fonctionnelle. Dans ces conditions, le sexe des descendants d'un mâle inversé en femelle est uniquement mâle. Tout se passe comme si, génétiquement, on croisait deux mâles entre eux, l'un des partenaires ayant viré son sexe physiologique. Des croisements de contrôle entre individus normaux montrent que la proportion relative des sexes chez cet Amphibien Anoure, réalise l'égalité numérique des sexes : 50 % ♂♂, 50 % ♀♀. Ce résultat m'avait conduit à la conclusion que chez *Xenopus lœvis* le sexe mâle est homozygote (ZZ), le sexe femelle hétérozygote (ZW).

J'ai pu depuis étendre ces résultats et leur donner toute la portée statistique désirable. Les femelles utilisées dans les croisements mentionnés ci-dessous, sont des animaux qui, pendant leur vie larvaire, ont été soumis à l'action gynogène de l'hormone femelle, administrée sous forme de benzoate d'œstradiol ([2]). Dans ces conditions, à l'autopsie, les animaux observés sont uniquement des femelles : 29 individus femelles, 1 intersexué à dominance femelle pour une série (DK_1), et 30 femelles pour une autre série (DK_2). Dans chacune de ces expériences, une partie des animaux inversés a été conservée et les jeunes élevés jusqu'à la maturité sexuelle. Tous, parvenus à l'état adulte, apparaissent comme des femelles. Celles-ci peuvent alors être croisées avec des mâles normaux.

Dès lors que, chez le Xenope, la proportion relative des sexes dans un croisement normal est 50 % ♂♂ et 50 % ♀♀, on peut légitimement admettre que le résultat du traitement gynogène signifie qu'en principe, la moitié des individus femelles obtenus sont en fait des mâles génétiques, cependant que l'autre moitié sont des individus à la fois génétiquement et physiologiquement femelles.

([1]) L. Gallien, *Comptes rendus*, **240**, 1955, p. 913.

([2]) *Ibid.*, **237**, 1953, p. 1565.

Voici les résultats des croisements de ces femelles obtenues après traitement gynogène.

TABLEAU I.

Femelles donnant une descendance bisexuée.

Animaux 5 ♀♀.	Sexe des descendants F_1 ♂♂.	♀♀.	Total.
DK_1-1	48	48	96
DK_1-2	34	33	67
DK_1-6	23	27	50
DK_1-8	10	4	14
DK_1-9	28	25	53
Total pour les 5 femelles.	143	137	280

TABLEAU II.

Femelles donnant une descendance unisexuée, exclusivement mâle.

Animaux 4 ♀♀.	Sexe des descendants F_1 ♂♂.	♀♀.	Total.
DK_1-3	71	0	71
DK_1-4	135	0	135
DK_1-5	101	0	101
DK_1-7	111	0	111
Total pour les 4 femelles.	418	0	418

En dépit du faible nombre de descendants qui ont pu être étudiés pour la ♀ DK_1-8, celle-ci peut être comptée valablement comme ayant une descendance bisexuée : la présence de quatre femelles est décisive. Pour les femelles DK_1-6 et DK_1-9, le nombre des autopsies a été limité à une cinquantaine de jeunes Xenopes pris au hasard, dans le but de limiter les charges matérielles des élevages après la métamorphose.

Nous soulignons que toutes les autopsies des descendants F_1 ont été faites deux mois après la métamorphose et jusqu'à quatre mois après celle-ci. Dans ces conditions, à la dissection, la nature des gonades apparaît d'une manière absolument décisive (les testicules vers le quatrième mois sont en spermatogénèse). Cette précaution, si elle allonge les délais de l'expérience, est nécessaire, car il a été observé parfois une trace d'intersexualité faible de la gonade mâle, au stade de la métamorphose (état semi-différencié). Ce point sera décrit ultérieurement.

Ainsi, sur 9 femelles dont la descendance a pu être suivie avec tout le soin désirable, 5 ont une descendance bisexuée, 4 donnent uniquement des mâles. Ce résultat confirme et étend largement celui publié le

21 février 1955 (1); il permet de conclure que, chez le Xénope, le sexe femelle est hétérogamétique, de constitution ZW, le sexe mâle est homogamétique et de constitution ZZ.

Ainsi, *Xenopus lœvis*, qui est un Anoure inférieur, a la même constitution génétique sexuelle que les Urodèles précédemment étudiés à ce sujet : *Ambystoma mexicanum* (R. R. Humphrey, 1942-1945) (3) et *Pleurodeles Waltlii* (L. Gallien, 1951-1954) (4).

L'analyse de la descendance des autres femelles DK_1 et DK_2 se poursuit. La difficulté, la longueur et les servitudes matérielles assez lourdes des élevages comportant des centaines de descendants, imposent de longs délais à cette expérience qui débuta en 1952.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur une nouvelle protéine musculaire, la « Métamyosine ».*

Note (*) de Mlle **Lise Raeber**, MM. **Georges Schapira** et **Jean-Claude Dreyfus**, transmise par M. Léon Binet.

Nous avons mis en évidence une protéine ayant des caractères d'extractibilité et de solubilité voisins de ceux des myosines, mais une mobilité électrophorétique différente; nous l'avons appelée « métamyosine ».

L'analyse électrophorétique de préparations de myosine obtenues selon la technique de Mommaerts (1), à partir de muscles fœtaux de lapins ou de moutons, montre de façon constante trois constituants : l'*actomyosine*, la *myosine* et une protéine que nous appellerons « *métamyosine* » étant donnée sa position, dans nos conditions expérimentales, sur les diagrammes d'électrophorèse : elle représente environ 5 à 20 % de la préparation. Nous avons pu obtenir des solutions très enrichies en métamyosine et montrer qu'elle peut être extraite également du muscle adulte, bien qu'en faible quantité.

Techniques. — L'analyse des préparations est faite à l'électrophorèse, avec un appareil du type Tiselius, muni d'un système optique Philpot-Svenson, à la température +2° C, avec un champ de 1,15 V/cm, dans un tampon NaCl 0,25 M, PO_4NaH_2 0,032 M, PO_4Na_2H 0,004 M pH 7,1, $\mu = 0,35$, la durée de l'expérience étant de 80 000 s environ. L'analyse quantitative et la mesure des mobilités sont faites sur l'image de la frontière ascendante.

Les méthodes de purification de la métamyosine comportent :

---

(3) *Anat. Rec.*, 82, n° 3, 1942, p. 77 et *Amer. J. Anat.*, 76, 1945, p. 33.

(4) *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 828; 238, 1954, p. 402 et *Bull. Biol. Fr. et Belg.*, 88, 1954, p. 1.

(*) Séance du 3 octobre 1955.

(1) W. F. Mommaerts et R. G. Parrish, *J. Biol. Chem.*, 188, 1951, p. 545.

1° Une extraction du broyat musculaire par KCl 0,3 M, PO_4KH_2 0,09 M, PO_4K_2H 0,06 M, pH 6,5. On élimine l'ATP, ou adénosine triphosphate, par lavage du broyat à l'eau et au KCl 0,05 M, ou par traitement d'un muscle en état de *rigor mortis*. Dans ces conditions, la myosine n'est pas extractible.

2° Une précipitation de l'actomyosine à 0,3 μ (²) force ionique pour laquelle la métamyosine est en solution.

Résultats. — Les résultats sont résumés dans les deux tableaux et la figure.

TABLEAU I.

Mobilités électrophorétiques ($\times 10^{-5}$ cm²/V/sec).

Actomyosine.	Myosine.	Contractine.	Métamyosine.	
—3,05	—2,6	—2,05	—1,6	±0,1

TABLEAU II.

Teneur des préparations en métamyosine.

Muscle.	Condition d'extraction.	Préparation.	Teneur en métamyosime (%).
Fœtal	0,3 M KCl pH 6,5	(¹)	5 à 20
Adulte	»	(¹)	0
Adulte	»	(²)	0 à 5
Contracté	»	(²)	50 à 100

Les diagrammes 1, 2 et 3 représentent des préparations de myosines totales; le diagramme 4, une préparation de métamyosine purifiée; le diagramme 5 représente, à titre de comparaison, une préparation de contractine (³) purifiée à partir d'un extrait par KCl 0,6 M, CO_3NaH 0,03 M pH 8,0 (dans ces conditions, la métamyosine n'est pas extraite).

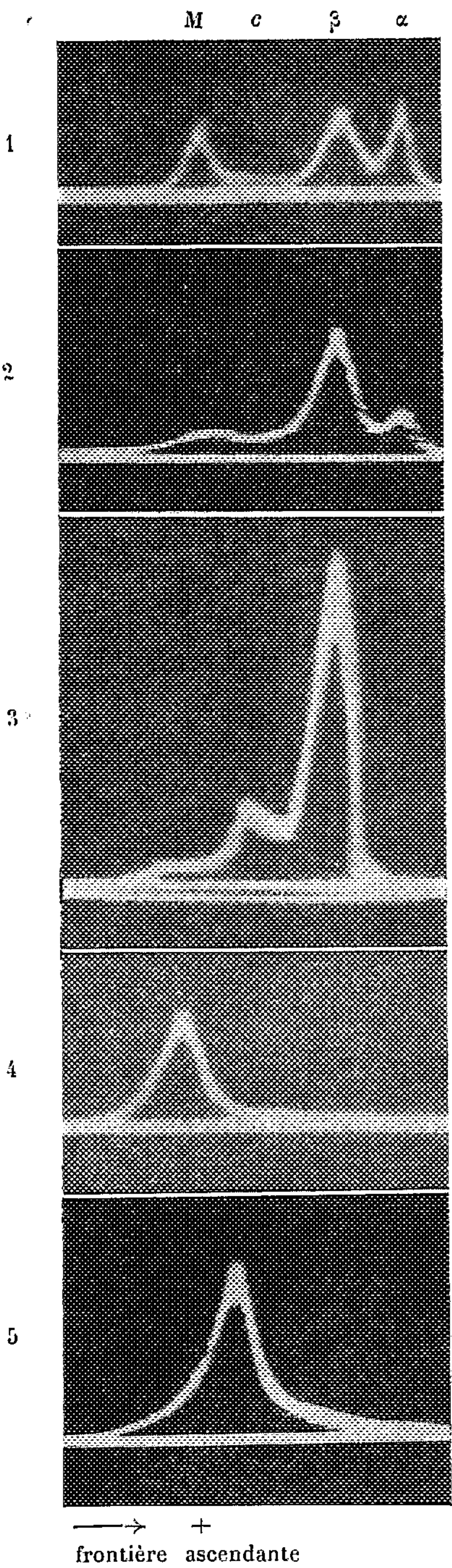
Discussion. — La métamyosine se distingue par ses caractères de solubilité des protéines du groupe du myogène, de la globuline X, de la myoalbumine, de la pseudoglobuline de S. V. Perry (⁴) et de la protéine récemment décrite par A. Szent-Gyorgyi et ses collaborateurs (⁵), qui sont toutes solubles dans les solutions salines diluées, contrairement à la métamyosine. Elle se distingue, par sa vitesse de migration à l'électrophorèse, de l'actomyosine, la myosine, la tropomyosine, l'actine, la protéine Y et la contractine. Elle n'apparaît pas sur les diagrammes d'extrait brut de muscle, car elle est masquée par le myogène.

(²) H. PORTZEHL, G. SCHRAMM et H. H. J. WEBER, *Ztschr. f. Naturforsch.* 5*b*, 1950, p. 61.

(³) P. CREPAX, J. JACOB et J. SELDESLACHTS, *Biochim. Biophys. Acta*, 4, 1950, p. 410.

(⁴) *Biochem. J.*, 55, 1953, p. 114.

(⁵) A. G. SZENT-GYORGYI, D. MAZIA et A. SZENT-GYORGYI, *Biochim. Biophys. Acta*, 16, 1955, p. 339.



M, métamyosine; α, actomyosine; β, myosine; c, contractine.

1. Préparation selon Mommaerts, à partir de muscles fœtaux de mouton, après 78 8000 s d'électrophorèse Pics de M, β et α.

2. Préparation selon Mommaerts, à partir de muscles fœtaux de lapins, après 76 800 s d'électrophorèse. Pics de M, β et α.

3. Préparation faite à partir d'un muscle adulte de lapin. Extraction du broyat musculaire pendant 15 h, puis purification de l'extrait selon Weber. Après 80 000 s d'électrophorèse. Pics de M, c et β

4. Solution pure de métamyosine préparée à partir d'un muscle en *rigor mortis*, après 79 000 s d'électrophorèse.

5. Solution pure de contractine préparée à partir d'un muscle en *rigor mortis*, après 79 400 s d'électrophorèse.

PARASITOLOGIE. — *Gale norvégienne et vitamine* A. Note (*) de MM. **René Hissard**, **Jean Jacquet** et Mme **Odette Villette**, transmise par M. Gaston Ramon.

De nombreux auteurs, comme Ackert par exemple (1), avaient montré expérimentalement le rôle majeur de la nutrition envers le parasitisme interne portant, non seulement sur la résistance du terrain, mais aussi, sur la taille et la fécondité des parasites eux-mêmes. D'autre part, dès le XIXe siècle, les vétérinaires, notamment O. Delafond et H. Bourguignon (2), avaient magnifiquement établi l'importance de l'alimentation pour les parasitoses cutanées, spécialement dans l'extension de la psore chez les moutons, les chiens et les chats. Enfin, M. Kitchewatz (3) put reproduire la forme hyperkératosique de l'acariose chez des rats carencés en vitamines.

Or, chez l'Homme, la gale norvégienne n'est observée que sur des sujets en état de déficience avancée ou présentant des troubles organiques importants, tout spécialement du fonctionnement hépatique, comme lors des deux cas que nous avons observés. Bien plus, autour d'eux, ces sujets atteints de gale croûteuse créent souvent de véritables épidémies de gale vulgaire sur les individus normaux. Enfin, contrairement à l'opinion de M. Fürstenberg (4) qui l'attribuait à un acare spécial, la gale norvégienne hyperkératosique et aprurigineuse n'est qu'une forme particulière de la gale sarcoptique évoluant sur un terrain favorable : les parasites sont, dans l'un et l'autre cas, absolument les mêmes. C'est ce qui résulte des nombreux travaux consignés dans la monographie de O. Kiess (5), confirmés ensuite par A. Fialho (6) et nous-mêmes (7).

(*) Séance du 3 octobre 1955.

(1) J. Jacquet, *Thèse Docteur Vét.*, Paris, 1937.

(2) *Traité pratique d'entomologie et de pathologie de la psore ou gale de l'Homme et des animaux domestiques*, 1 vol., Paris, 1862.

(3) *Bull. Soc. Fr. Dermat. et Syphil.*, 43, 1936, p. 787.

(4) *Die Krätzmilben der Menschen und Thiere*, 1 vol., Leipzig, 1861.

(5) *Dermat. Studien*, Leipzig, 1928, n° 26.

(6) *Ann. Parasit.*, 12, 1934, p. 472.

(7) R. Hissard, L. Moncourier et J. Jacquet, *Ann. Dermat. et Syphil.*, 10, 1950, p. 657.

Enfin, la raison de la transformation de la gale sarcoptique ordinaire en gale croûteuse a été supposée, notamment par U. Boncinelli ([8]). Sannino ([9]), J. Mirone ([10]), se trouver dans une déficience vitaminique. Dans un travail antérieur ([7]), nous avions émis une hypothèse analogue, en mettant l'accent sur l'importance particulière de la vitamine A.

L'observation d'un nouveau cas de gale norvégienne nous a permis de préciser, d'une façon plus définitive, le rôle supposé du terrain. Il s'agissait d'une femme de 46 ans, alcoolique invétérée, atteinte d'une cirrhose de Laënnec avec ascite importante. Cette femme avait déjà été soignée pour gale croûteuse avant qu'elle ne fut hospitalisée dans le service de l'un de nous. Il s'agit donc d'une récidive tendant, d'ailleurs, à la généralisation, mais qui, en tout cas, montre bien le rôle favorisant du terrain sur l'affection, puisque, deux fois de suite, le même sujet présenta la même forme de parasitose.

La menace de généralisation nous amena à instituer immédiatement, un traitement au benzoate de benzyle, après décapage de la peau. Mais, quelques jours après, la gale croûteuse récidivait encore. Devant cet échec du traitement acaricide employé seul, nous nous proposâmes d'étudier l'influence du terrain, envisagé, plus spécialement, sous l'angle d'une hypovitaminose A. En effet, l'anamnèse de la malade nous indiquait une vision difficile à la tombée du jour, ce qui nous fit penser, aussitôt, à une carence en vitamines du type A. D'ailleurs, un titrage initial pratiqué dans le sang, selon la méthode de Raoul et Janot, nous a donné un titre très faible : 10 γ d'axerophtol et 15 γ de carotènes seulement pour 100 cm^3. C'est bien peu, si l'on tient compte de la nutrition parfaitement normale et abondante de la malade qui absorbait de fréquentes tartines de beurre, dans lequel un dosage nous montra un taux très suffisant de vitamines (600 γ d'axerophtol et 190 γ de carotènes pour 100 g). Mais l'état pathologique du sujet et spécialement le dysfonctionnement hépatique, bien mis en évidence par les tests du rouge colloïdal ou ceux de Gros et de Mac Lagan, explique très bien la faible utilisation vitaminique de l'organisme, malgré l'apport nutritionnel suffisant.

Nous fîmes absober, chaque jour, à cette malade, de la vitamine A, à haute dose, par voie parentale (195 000 U. I. pendant 15 jours), puis par voie orale (200 à 400 000 U. I.). Durant les quatre mois de vitaminothérapie intensive, nous nous sommes abstenus de tout traitement externe. Nous avons observé les résultats suivants :

— la recharge du sang en vitamine A et carotène s'effectua très lentement et régulièrement; mais, alors que le carotène parvint à dépasser la quantité

([8]) *Ann. Ital. Dermat. e Sifil.*, 1947, p. 261.
([9]) *Il dermosifiligrafo*, 12, 1947, p. 177.
([10]) *Arch. Ital. Derm. Sifil. e Vener.*, 20, 1947, p. 160.

normale un mois et demi après le début du traitement; en revanche, le taux d'axerophtol ne put jamais dépasser les 2/3 de la teneur normale;

— d'une façon tout à fait parallèle à cette recharge, des modifications cliniques furent enregistrées : l'hyperkératose fut complètement arrêtée, en régression même sur de nombreux points; les acares furent atteints dans leur vitalité (on trouvait surtout dans les galeries des quelques croûtes persistantes des nymphes octopodes et des œufs morts);

— après arrêt d'administration de la vitamine, le taux de carotène sanguin et d'axerophtol tomba très vite et, en un mois, il était revenu à une valeur aussi basse que lors de l'examen initial;

— d'une façon absolument parallèle à cette chute de vitamine, l'hyperkératose redevint tout à fait extensive.

Pour la deuxième fois, nous recommençâmes un traitement uniquement de vitamine A. Nous observâmes la même recharge partielle du sang et, en même temps, la cessation d'extension des lésions cutanées, leur régression partielle, ainsi que, partout où elles réussirent, cependant, à se maintenir, la diminution d'épaisseur des croûtes.

Pour la troisième fois, enfin, après un nouvel arrêt, nous refîmes une expérience analogue et constatâmes encore les mêmes résultats. La guérison définitive fut amenée par la combinaison de la vitaminothérapie et du benzoate de benzyle.

Il semble donc bien que le terrain joue un rôle absolument primordial dans l'apparition de la gale norvégienne et, en particulier, que celle-ci reste conditionnée par une hypovitaminose A. Enfin, en ce qui concerne le traitement de cette curieuse et rare acariose, il semble nécessaire d'associer un produit parasiticide, suffisamment actif, qui devra atteindre les sarcoptes situés en profondeur dans l'épithélium près de la couche de Malpighi, à un traitement destiné à améliorer le terrain, en l'espèce, produisant une recharge en vitamine A.

A 15 h 30 m l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16 h 45 m.

R. C.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

OUVRAGES REÇUS PENDANT LES SÉANCES DE SEPTEMBRE 1955.

Sur l'élection de Poncelet comme membre correspondant de l'Académie des sciences de Saint-Pétersbourg, par T. P. KRAVETS. Extrait de *Izvestia* Akademii Naouk U. R. S. S.; 1 fasc. 26 cm (en langue russe).

Annales de l'Institut océanographique fondées par S. A. S. Albert Ier, Prince de Monaco. Nouvelle série. T. XXXI. Fasc. 2. *Répartition, le long des côtes septentrionales de l'Espagne, des principales espèces peuplant les rochers intercotidaux*, par ÉDOUARD FISCHER-PIETTE. Paris, Masson, 1955; 1 fasc. 28,5 cm.

Ministère de la France d'Outre-Mer. Commission scientifique du Logone et du Tchad. *Étude pédologique du bassin alluvionnaire du Logone-Chari (Campagne* 1953-1954), par J. PIAS et G. AUBERT. Paris, Office de la recherche scientifique et technique Outre-Mer, s. d.; 1 fasc. polycopié 31 cm.

Méthodes mathématiques de la physique. Cours complémentaire (mars-avril-mai 1952). *Compléments divers sur la transformation de Laplace et les équations aux dérivées partielles*, par MAURICE JANET. Paris, Secrétariat mathématique, 1955; 1 fasc. polycopié 28 cm.

École normale supérieure. Séminaire Sophus Lie. 1re année 1954-1955. *Théorie des algèbres de Lie. Topologie des groupes de Lie.* Séminaire Schwartz. 2e année 1954-1955. *Équations aux dérivées partielles.* Séminaire Henri Cartan. 7e année 1954-1955. *Algèbres d'Eilenberg-Mac Lane et homotopie.* Séminaire de théories physiques dirigé par Louis de Broglie. 24e année 1954-1955. Paris, Secrétariat mathématique, 1955; 4 fasc. polycopiés 27 cm.

A Bibliography of the Works of Antoine-Laurent Lavoisier 1743-1794, by DENIS I. DUVEEN, HERBERT S. KLICKSTEIN. Préface by JOHN F. FULTON. London, Dawson and Sons, Ltd and E. Weil, 1954; 1 vol. 26,5 cm.

Les maîtres de la pensée scientifique. Sur l'électrodynamique des corps en mouvement, par ALBERT EINSTEIN. Traduit par MAURICE SOLOVINE. Nouveau tirage. Paris, Gauthier-Villars, 1955; 1 fasc. 17,5 cm.

Id. — *Les axiomes de la Mécanique. Examen critique. Note sur la propagation de la lumière*, par PAUL PAINLEVÉ. Nouveau tirage. Paris, Gauthier-Villars, 1955; 1 fasc. 22,5 cm.

Quatre conférences sur la théorie de la relativité faites à l'Université de Princeton, par ALBERT EINSTEIN. Traduit par MAURICE SOLOVINE. Nouveau tirage. Paris, Gauthier-Villars, 1955; 1 fasc. 24 cm.

Théorème sur les surfaces d'onde en optique géométrique avec une note *Sur le miroir intégral*, par RENÉ DAMIEN. Paris, Gauthier-Villars, 1955 ; 1 fasc. 23 cm.

Problèmes élémentaires de physique atomique et de chimie nucléaire avec tableaux et solutions, par VICTORIN CHARLES. Préface de CHARLES-NOËL MARTIN. Paris, Gauthier-Villars, 1955; 1 fasc. 25 cm.

Collection de logique mathématique. Série A. IX. *Les fondements des mathématiques. Intuitionnisme. Théorie de la démonstration*, par A. HEYTING. Paris, Gauthier-Villars, et Louvain, E. Nauwelaerts, 1955; 1 fasc. 25 cm.

Traité de la connaissance, par LOUIS ROUGIER. Paris, Gauthier-Villars, 1955; 1 vol. 25 cm.

Éphémérides nautiques pour l'an 1956. Ouvrage publié par le BUREAU DES LONGITUDES spécialement à l'usage des marins. Paris, Gauthier-Villars, s. d.; 1 vol. 27 cm.

École normale supérieure. Séminaire Henri Cartan. 1re année 1948-1949. *Topologie algébrique*. Deuxième édition multigraphiée revue et corrigée. Paris, Secrétariat mathématique, 1955; 1 fasc. 27 cm.

Faculté des sciences de Paris. Séminaire P. Dubreil. *Algèbre et théorie des nombres*. 8e année 1954-1955. Paris, Secrétariat mathématique, 1955; 1 fasc. 27 cm.

Montaña y los origenes del movimiento social y cientifico de Mexico, por JOSE JOAQUIM IZQUIERDO. Prefacio de HENRY E. SIGERIST. Mexico, Ediciones ciencia, 1955; 1 vol. 24 cm.

Atomic energy Research et Harwell, by K. E. B. JAY. London, Butterworths scientific Publications, 1955; 1 fasc. 21,5 cm.

Les principaux types de sols de la République d'Haïti et leur répartition géografique, par ARNAUD HASPIL et JACQUES BUTTERLIN, in *Bulletin agricole*. Vol. IV, n° 1, 1955. Port-au-Prince, Imprimerie de l'État, 1955; 1 fasc. 27,5 cm.

Segundo Symposium sobre Algunos problemas matematicos que se estan estudiando en Latino América Villavicencio-Mendoza 21-25 julio 1954. Montevideo, Centro de Cooperacion cientifica de la Unesco para america latina, 1954; 1 vol. 24 cm.

Berichte zur X. Generalversammlung der I. U. G. G. Assoziation für geodäsie in september 1954 *in Rom*, VON M. KNEISSL, in *Sonderhefte der Zeitschrift für Vermessungswesen*. Heft 4. Stuttgart, Konrad Wittiver, 1955; 1 fasc. 24,5 cm.

Biographical memoir of Elmer Ambrose Sperry 1860-1930, by JÉRÔME C. HUNSAKER. Washington, The National Academy of Sciences, 1955; 1 fasc. 23 cm.

Cercetari asupra parazitofaunei pestilor din dunare, par ELENA ROMAN. Editura Academiei republicii populare romîne, 1955; 1 fasc. 23,5 cm.

Ustilaginales der Rumänischen Volksrepublik, von TRAIAN SAVULESCU. Verlag der Akademie der rumänischer Volksrepublik, s. d.; 1 fasc. 24 cm.

Biologia vîrstelor cercetari clinice si experimentale, par C. I. PARHON. Editura academici republicii populare romîne, 1953; 1 vol. 24,5 cm.

Newly Elected president of the american Association, by BURTON E. LIVINGSTONE, in *The Scientific Monthly*. Vol. L, 1940, p. 182-185. Johns Hopkins University; 1 feuillet 25,5 cm.

Responsibilities of honors. Report to the Smith College Chapter of Phi Betta Kappa. Annual Dinner, may 1953, by ALBERT F. BLAKESLEE. Northampton, Mass. Smith College Genetics Experiment Station; 6 pages polycopiées 27 cm.

Seventy-Five Years of Progress in Genetics, by ALBERT F. BLAKESLEE. Northern India Science Association, 1954; 1 fasc. 24,5 cm.

The aging of seeds and mutation Rates, by ALBERT F. BLAKESLEE, in *Annals of the New York Academy of Sciences*. Vol. LVII. Art. 5, p. 488-490, 1954; 1 fasc. 23 cm.

Extraits de *The National Academy of Sciences*. Vol. XL, n° 6, p. 424-431, 1954; *On the nature of the embryo inhibitor in ovular tumors of datura*, by J. RIETSEMA, S. SATINA, ALBERT F. BLAKESLEE. — p. 441-446 : *Induced pollen lethals from seeds of datura stramonium exposed to radiation from a nuclear detonation*, by J. L. SPENCER, ALBERT F. BLAKESLEE. — p. 447-451 : *The effects of fast-neutron radiation from a nuclear detonation on chromosome aberration in datura*, by HENRY T. YOST Jor, JEAN CUMMINGS, ALBERT F. BLAKESLEE; 3 fasc. 26 cm.

Studies on ovule and embryo growth in datura. I. *A growth analysis*,, by J. RIETSEMA, BENIGNA BLONDEL, S. SATINA, ALBERT F. BLAKESLEE, in *The American Journal of Botany*. Vol. XLII, n° 5, 1955; 1 fasc. 26,5 cm.



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 17 OCTOBRE 1955.

PRÉSIDENCE DE M. LOUIS FAGE.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. **JOSEPH PÉRÈS** signale à l'Académie la présence de M. **ALFRED TARSKI**, Professeur de mathématiques à l'Université de Californie, à Berkeley. M. le Président souhaite la bienvenue à celui-ci et l'invite à prendre part à la séance.

HYDRAULIQUE. — *Sur une hypothèse relative aux chambres d'équilibre à étranglement optimum.* Note de M. **LÉOPOLD ESCANDE**.

L'hypothèse d'une contre-pression sensiblement constante lors d'une fermeture instantanée ne conduit à une valeur suffisamment approchée de la montée du plan d'eau que pour les faibles valeurs de p_0.

Dans l'étude des fermetures complètes instantanées, intéressant le débit maximum Q_0, on considère comme optimum et l'on désigne sous ce nom, dans le cas d'une cheminée d'équilibre à section constante, l'étranglement créant, pour le débit Q_0, une perte de charge R_0 telle que

$$R_0 = P_0 + Z_m$$

P_0 représentant la perte de charge dans le canal d'amenée, pour ce même débit, et Z_m la cote maximum atteinte par le plan d'eau, à la fin de la première montée.

Ainsi, la contre-pression qui freine l'eau, à l'intérieur du canal d'amenée, est la même, au début et à la fin de la première montée du plan d'eau : étant donné la compensation qui s'établit entre la réduction de R et l'accroissement de Z, on admet, en première approximation, que cette contre-pression demeure sensiblement constante, pendant toute la montée.

Pour calculer l'étranglement optimum R_0 et la valeur correspondante de Z_m, en fonction de P_0, on dispose de plusieurs méthodes analytiques ou graphiques, dues, en particulier, à Calame et Gaden, qui en ont déduit, en grandeurs relatives, les courbes $r_0(p_0)$ et $z_m(p_0)$.

On peut aussi, en admettant, *a priori*, comme rigoureuse la constance de la contre-pression, à partir des équations

$$v\frac{dv}{dz}+z+p+r=0, \qquad p=p_0v^2, \qquad r=r_0v^2,$$

avec

$$z+r=z_m=r_0-p_0=\text{const.}$$

obtenir, pour la détermination approchée de z_m, une valeur, que nous appellerons z'_m, donnée par la racine de l'équation

$$(1) \qquad z'_m=(p_0+z'_m)\,e^{-2p_0(p_0+z'_m)}.$$

Par ailleurs, comme l'ont montré également Calame et Gaden, on peut, au moins pour les faibles valeurs de p_0, tirer de (1) une expression approchée de z'_m, que nous appellerons z''_m :

$$(2) \qquad z''_m=\frac{1}{\sqrt{2}}-\frac{3}{4}p_0+\frac{7}{48\sqrt{2}}p_0^2.$$

Nous avons effectué la résolution graphique de l'équation (1), en posant :

$$x=\frac{z'_m}{p_0}$$

ce qui permet d'écrire :

$$2p_0^2(1+x)=\text{Log}_e\left(1+\frac{1}{x}\right).$$

Les racines x sont fournies par les abscisses des points d'intersection de la courbe

$$y_1=\text{Log}_e\left(1+\frac{1}{x}\right)$$

indépendante de p_0 et des droites

$$y_2=2p_0^2(1+x)$$

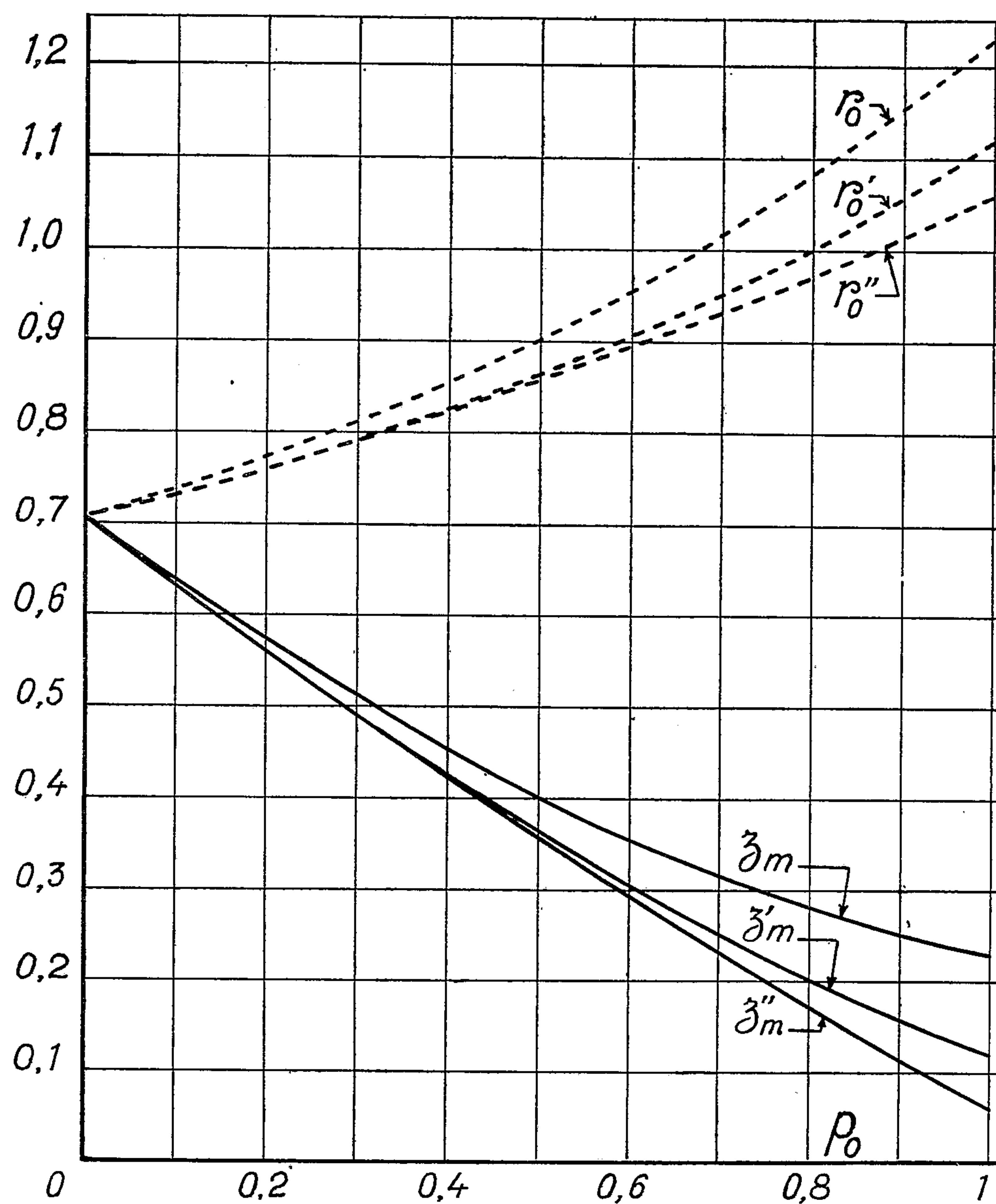
dont la construction est immédiate, pour les diverses valeurs de p_0.

Le tableau et les courbes de la figure donnent z_m, z'_m, z''_m et les valeurs correspondantes r_0, r'_0, r''_0 en fonction de p_0.

p_0.....	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
z_m.....	0,707	0,637	0,575	0,513	0,455	0,4	0,355	0,317	0,284	0,253	0,23
r_0.....	0,707	0,737	0,775	0,813	0,855	0,9	0,955	1,017	1,084	1,153	1,23
z'_m....	0,707	0,634	0,561	0,494	0,426	0,364	0,304	0,252	0,20	0,158	0,12
r'_0.....	0,707	0,734	0,761	0,794	0,826	0,864	0,904	0,952	1,00	1,058	1,12
z''_m....	0,707	0,633	0,561	0,491	0,423	0,358	0,294	0,232	0,173	0,1155	0,06
r''_0.....	0,707	0,733	0,761	0,791	0,823	0,858	0,894	0,932	0,973	1,0155	1,06

On voit que les divergences entre z'_m et z''_m ne deviennent notables que

pour $p_0 > 0,5$: de même, tant que p_0 reste inférieur à 0,5 l'écart entre z'_m et z_m demeure inférieur à 10 %, alors que pour $p_0 = 1$, z'_m devient voisin de la moitié de z_m.



L'hypothèse de la constance de la contre-pression ne conduit donc à un degré d'approximation acceptable pour le calcul de la montée du plan d'eau que pour les valeurs de p_0 inférieures à 0,5 : il est intéressant de remarquer que les valeurs de p_0 supérieures à 0,5 correspondent à une zone dans laquelle la montée maxima du plan d'eau n'est plus provoquée par l'arrêt du débit total Q_0, mais par la fermeture d'un débit fractionnaire.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Condition d'existence des solutions de l'équation régissant les mouvements presque linéaires non permanents d'un fluide parfait compressible.* Note de M. **Dimitri Riabouchinsky**.

Démonstration de cette condition d'existence. Mise en évidence de son rôle dans la solution du problème d'un jet gazeux supersonique issu d'une tuyère dont les parois sont déformables et soumises à des oscillations périodiques. Interprétation graphique de pareils mouvements non permanents.

Nous avons démontré précédemment (¹) que les trois fonctions f, f_1, f_2, définissant des mouvements presque linéaires non permanents d'un fluide parfait compressible,

$$(1)\qquad \begin{cases} x_1=\varphi_1-\alpha_1 f(\varphi_1,\psi_1,\psi_2,t_1), \qquad y_1=\psi_1-\alpha_1 f_1(\varphi_1,\psi_1,\psi_2,t_1),\\ z_1=\psi_2-\alpha_1 f_2(\varphi_1,\psi_1,\psi_2,t_1),\end{cases}$$

sont des solutions de l'équation aux dérivées partielles

$$(2)\qquad \frac{\partial^2}{\partial\varphi_1^2}+\frac{\partial^2}{\partial\psi_1^2}+\frac{\partial^2}{\partial\psi_2^2}-\mathrm{M}^2\left(\frac{\partial^2}{\partial\varphi_1^2}+2\frac{\partial\delta}{\partial\varphi_1\delta t_1}+\frac{\delta^2}{\delta t_1^2}\right)=0,$$

où $\delta/\delta t_1$ et $\delta^2/\delta t_1^2$ sont les dérivées partielles, première et seconde, par rapport au temps t_1 dans le système des variables indépendantes φ_1, ψ_1, ψ_2, t_1.

Dans le cas des mouvements supersoniques permanents, nombre de Mach $\mathrm{M}>1$, l'équation (2) se réduit à une équation du type hyperbolique, tandis que l'équation de la propagation du son se réduit, lorsqu'on annule le terme $\partial^2/\partial t^2$, à l'équation de Laplace.

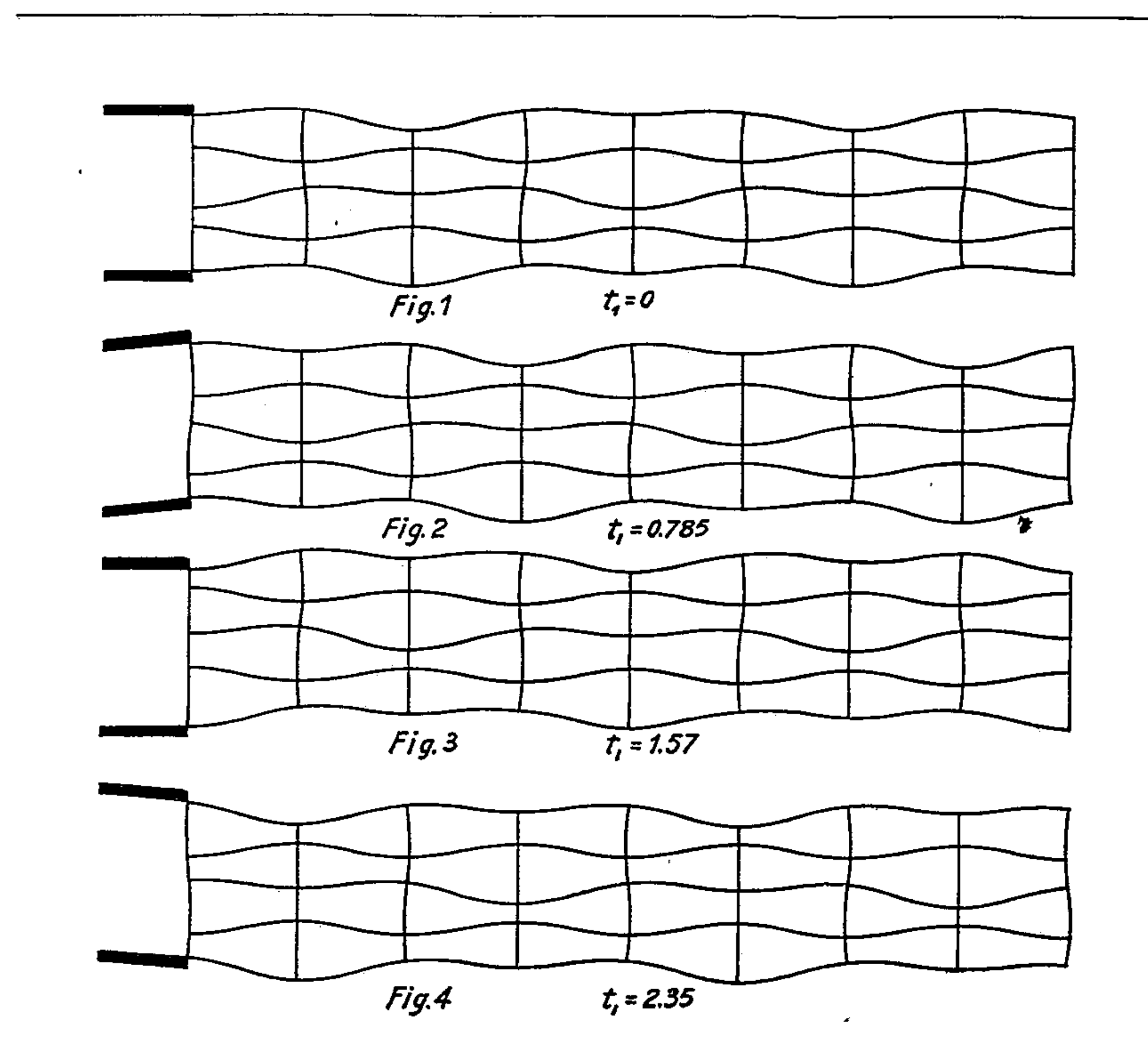
Le paramètre α_1 figurant dans les équations (1) doit être, par définition, suffisamment petit pour qu'on puisse négliger systématiquement ses puissances supérieures à la première, α_1 ne saurait donc dépasser une certaine valeur $\alpha_{\max}$ et la condition d'existence des solutions de l'équation (2) se réduit à l'inégalité $\alpha_1<\alpha_{\max}$. Pour définir cette valeur, nous procéderons comme suit. Deux lignes de courant définies respectivement par les intersections, à l'instant considéré, du reste quelconque, des surfaces de courant (ψ_1,ψ_2) et $(\psi_1+\varepsilon_1,\psi_2+\varepsilon_2)$, où ε_1, ε_2 sont des grandeurs suffisamment petites pour qu'on puisse négliger leurs produits et carrés, ne sauraient avoir un point d'intersection ou de contact (x_1, y_1, z_1) correspondant au point φ_1 sur la ligne de courant (ψ_1,ψ_2) et au point $(\varphi_1+\varepsilon)$ sur la ligne de courant $(\psi_1+\varepsilon_1,\psi_2+\varepsilon_2)$. ε est une grandeur du même ordre de petitesse que ε_1 et ε_2. On obtient ainsi, en raison des équations (1) et après réduction, trois équations linéaires homogènes en ε, ε_1, ε_2 qui ne peuvent être compatibles que si le déterminant Δ de

(¹) *Comptes rendus*, 241, 1955, p. 716.

leurs coefficients est nul

$$\Delta = \alpha_1 - \left| \frac{\partial f}{\partial \varphi_1} + \frac{\partial f_1}{\partial \psi_1} + \frac{\partial f_2}{\partial \psi_2} \right|^{-1} = 0. \tag{3}$$

Si le paramètre α_1 est supérieur à une certaine valeur, l'équation (3), et les trois équations linéaires susdites, permettent de définir des points d'intersections ou de contact des lignes de courant. Mais si l'on donne à α_1 des valeurs inférieures à une certaine valeur α_{max}, l'équation (3) ne comporte plus de solutions réelles et, par conséquent, les lignes de courants n'admettent plus des points d'intersections mutuelles ni de contact.



Pour illustrer cette théorie par un exemple, nous discuterons le cas des mouvements bidimensionnels d'un fluide parfait compressible déterminés par les solutions particulières de l'équation (2)

$$\begin{cases} x_1 = \varphi_1 - \dfrac{\alpha_1}{\varkappa a} \left\{ \sin(\gamma_1 \varphi_1 - \beta_1 t_1) \sin \varkappa a b_1 \psi_1 + \dfrac{1}{2} \sin(\gamma_2 \varphi_1 - \beta_2 t_1) \sin \varkappa a b_2 \psi_1 \right\}, \\ y_1 = \psi_1 - \alpha_1 \left\{ b_1 \cos(\gamma_1 \varphi_1 - \beta_1 t_1) \cos \varkappa a b_1 \psi_1 + \dfrac{1}{2} b_2 \cos(\gamma_2 \varphi_1 - \beta_2 t_1) \cos \varkappa a b_2 \psi_1 \right\}, \end{cases} \tag{4}$$

où nous poserons

$$M = 3, \quad \varkappa a = \sqrt{M^2 - 1} = \sqrt{8}, \quad \gamma_1 = 1, \quad \gamma_2 = 2,$$
$$b_1 = 1, \quad b_2 = 2, \quad \beta_1 = 2, \quad \beta_2 = 4.$$

En substituant dans l'équation (3) aux sinus et cosinus des unités, on obtient la condition d'existence de la solution (4) sous la forme $\alpha_1 < 0,109 < \alpha_{max}$. Les courbes ci-dessus ont été calculées en donnant à α_1 la valeur 0,1.

Les lignes de pression constante, calculées d'après l'équation (3) de la Note précitée ([1]), sont $\varkappa a \psi_1 = \pm n\pi$. Les lignes de courant et les lignes équipotentielles des figures 1, 2, 3 et 4 correspondent respectivement aux instants indiqués sur ces figures.

On peut interpréter ces mouvements comme des transformations dans le temps d'un jet gazeux issu d'une tuyère dont les parois sont déformables et soumises à des oscillations périodiques, determinées par les variations dans le temps des coefficients angulaires $(dy_1/dx_1)_{\varphi_1=0}$ des lignes de pression constante, choisies comme frontières du jet libre.

Les équations (4) déterminent le mouvement du fluide dans tout le plan, mais en isolant un jet unique nous l'exposons à des interactions avec le fluide ambiant supposé au repos à l'instant initial.

On pourrait soumettre cette théorie à une confrontation expérimentale en utilisant soit un jet gazeux, soit en ayant recours à la méthode de l'analogie hydraulique des mouvements bidimensionnels d'un gaz.

Le cas où le jet comprend des discontinuités notables doit être discuté spécialement.

M. **Émile-Georges Barrillon** rend compte en son nom personnel et de la part de MM. **Joseph Pérès** et **Léopold Escande**, des travaux du Colloque tenu à Venise à l'occasion du Cinquantenaire de la Société Adriatique d'Électricité :

L'Académie des « Lincei » et la Société Adriatique d'Électricité ont organisé à Venise, du 1er au 7 octobre 1955, une réunion internationale sous le titre : *I Modelli nella tecnica*. Ont été invités une soixantaine de participants auxquels a été demandé un exposé sur un sujet particulier s'intercalant entre une introduction de A. Signorini, Secrétaire de l'Académie des « Lincei » (sur les directives théoriques de la méthode des modèles et de la méthode des analogies), et une conclusion de Tonini, Professeur à l'Université de Padoue (sur les avantages économiques que la technique retire de l'emploi des modèles et des analogies).

Le programme ainsi parfaitement défini s'est développé dans un cadre naturel merveilleux et dans une ambiance d'une cordialité fastueusement manifestée grâce à la compréhension du Comte Vittorio-Cini, Président de la Société Adriatique.

Si l'utilité des réunions internationales de savants ou de techniciens est reconnue depuis longtemps, peu d'exemples à notre connaissance peuvent être comparés à ce « Convegno » de Venise 1955 qui a mis en évidence ce que peut faire une Académie soutenue par des Amis industriels.

En plus des séances de travail, les participants ont eu l'occasion de visiter des

installations industrielles et des laboratoires. Leur attention a été spécialement retenue par le Laboratoire de Bergame (résistance des constructions en béton); dans ce domaine, rien de plus puissamment, rien de plus scientifiquement organisé ne se rencontre dans le monde.

Dans les huit journées de contact permanent et d'échanges de vue entre savants et industriels, bien des idées ont été exposées, bien des points de vue ont été confrontés.

Le but que s'étaient proposé les organisateurs de fixer l'état d'une question en fin 1954 a été atteint et il faut espérer que l'exemple donné sera suivi dans d'autres pays.

M. le **Secrétaire perpétuel** annonce à l'Académie que le tome 236 (Premier semestre 1953) des *Comptes rendus*, est en distribution au Secrétariat.

M. **Gaston Julia** fait hommage à l'Académie de la deuxième édition entièrement refondue de son *Cours de Géométrie infinitésimale*. Cinquième fascicule : *Géométrie infinitésimale*. Deuxième partie : *Théorie des Surfaces*.

M. **Philibert Guinier** présente un ouvrage en quatre volumes de M. Paul Boudy, *Économie forestière nord-africaine*, dont la publication vient de s'achever, ainsi que le *Guide du forestier en Afrique du nord*, du même auteur, dont il a écrit la *Préface*.

Ces ouvrages rassemblent les faits biologiques et économiques concernant les forêts nord-africaines, d'où découlent les techniques appliquées pour l'utilisation rationnelle et la restauration de la forêt; celle-ci, pour la production de bois, la protection du sol, le pâturage du bétail, est étroitement liée à l'existence des populations.

M. **Léon Binet** s'exprime en ces termes :

J'ai l'honneur de déposer sur le bureau de notre Compagnie, au nom de François Bourlière et au mien, un Ouvrage intitulé : « *Précis de Gérontologie* » (1).

Grâce à la coopération de nombreux spécialistes, nous avons abordé en 550 pages, les diverses questions que pose la sénescence.

Les problèmes biologiques généraux, le vieillissement des aptitudes, la fréquence des infections et du cancer, sont d'abord exposés. Vient ensuite l'étude du vieillissement de la population dans notre pays, avec ses conséquences

---

(1) Paris, 1955, Masson et Cie, éditeurs.

économiques et sociales. Puis nous étudions successivement le sang, le cœur, le poumon, le rein, l'appareil locomoteur, la peau, les organes des sens, les glandes endocrines, le système nerveux chez les personnes âgées.

Enfin les problèmes de thérapeutique médicale et chirurgicale sont étudiés à la fin de cet Ouvrage qui, nous le souhaitons, contribuera à « donner de la vie aux années et des années à la vie ».

M. **Gaston Ramon** faisant hommage à l'Académie de sa Monographie intitulée : *La lutte préventive contre les maladies infectieuses de l'Homme et des animaux domestiques au moyen des vaccins. Le principe des anatoxines et ses applications, et en particulier : la vaccination antidiphtérique, la vaccination antitétanique, les vaccinations associées,* s'exprime en ces termes :

J'ai l'honneur de présenter à l'Académie une Monographie que j'ai écrite à la suggestion de l'Institut National d'Hygiène [1] et que j'ai dédiée à la grande mémoire d'Émile Roux.

Dans cette monographie, j'envisage, en premier lieu, les deux méthodes fondamentales d'immunisation préventive contre les maladies infectieuses de l'Homme et des animaux domestiques, d'une part la *méthode jennerienne et pastorienne dite des virus-vaccins* constitués par des germes « vivants » plus ou moins atténués dans leur virulence, d'autre part, la *méthode reposant sur le principe des anatoxines et des vaccins anavirulents*, substances microbiennes qui, sous l'influence conjuguée de l'aldéhyde formique et de la chaleur par exemple, ont perdu leurs propriétés pathogènes, mais ont cependant conservé leur pouvoir immunogène.

J'examine ensuite, tout spécialement, les applications du principe des anatoxines et des vaccins anavirulents et, en particulier, la vaccination antidiphtérique, la vaccination antitétanique, les vaccinations associées, faisant connaître leur essor et les résultats (sous forme de statistiques accompagnées de commentaires) qu'elles ont permis d'obtenir, après trente années d'un usage maintenant universel.

C'est ainsi, que grâce à la vaccination au moyen de l'anatoxine diphtérique, la diphtérie est en voie de disparition dans le monde.

Dans la *France* entière, la mortalité qui était de 2200 décès en moyenne chaque année, avant 1924, a été ramenée à 85 décès en 1954.

En *Angleterre et dans le pays de Galles*, il y eut, en 1938, avant le début de l'application systématique de la vaccination, 65 000 cas de diphtérie et 2860 morts (malgré le traitement par le sérum antidiphtérique), tandis qu'en 1953 après douze ans d'application de la vaccination, le nombre des cas est tombé

(1) Paris, 1955, Institut National d'Hygiène, éditeur.

à 266 et le chiffre des décès à 23; en 1954, on a enregistré seulement 167 cas et 9 décès.

Dans l'ensemble du *Canada*, on signalait en 1921, un total de 13 239 cas de diphtérie et 1 277 décès tandis qu'en 1952, il n'y avait plus que 190 cas et 26 décès.

En *Australie* où 80 à 90 % des enfants ont été vaccinés, la mortalité par diphtérie demeure actuellement exceptionnelle alors qu'il y a quarante ans cette maladie couchait dans la tombe, chaque année, un enfant sur 4000.

En *Suède*, on a constaté, sous l'influence de la vaccination, une diminution considérable de la morbidité diphtérique : 65 cas en 1950; 43 en 1951, 30 en 1952, 13 en 1953 et 1 seul cas en 1954.

Dans les grandes villes où la vaccination a été particulièrement bien exécutée, la mortalité diphtérique est devenue, au fil des années, presque nulle ou nulle. Il en est ainsi à *New York* (un seul décès en 1952 contre 1300 en moyenne avant 1920), à *Chicago*, *Cleveland*, *Pittsburg*, *Toronto*, *Copenhague*, *Paris*, etc.

Ces exemples montrent incontestablement que la diphtérie recule dans tous les pays du monde où la vaccination par l'anatoxine diphtérique est systématiquement et convenablement réalisée.

Je le répète, 9 décès par diphtérie en 1954 en Angleterre et dans le Pays de Galles réunis, au lieu de 2860 il y a seize ans. Aucun décès dû à la diphtérie ces années dernières dans des villes comme Chicago, Copenhague, Paris, où la diphtérie se montrait autrefois si meurtrière malgré la sérothérapie. Un cas unique de diphtérie en 1954 en Suède. Quelle est donc la méthode de vaccination qui a pu atteindre de tels succès en si peu de temps?

La *vaccination par l'anatoxine tétanique* de son côté, a permis de réduire et même d'éliminer presque totalement les cas de tétanos dans les Armées qui l'ont employée au cours de la deuxième guerre mondiale :

Dans l'*Armée anglaise*, le tétanos était vingt-cinq fois plus fréquent en 1914-1918 qu'en 1939-1945.

Dans l'*Armée américaine*, il y eut de 1942 à 1945, seulement 12 cas de tétanos sur 10 millions de mobilisés. Seule la vaccination était mise en œuvre, à l'exclusion de l'injection préventive de sérum antitétanique.

Dans l'*Armée canadienne*, on n'enregistra que trois cas de tétanos dont un seul mortel.

En présence de ces résultats, de nombreux hygiénistes et cliniciens préconisent la généralisation, parmi les populations civiles, de la vaccination antitétanique en utilisant de préférence la formule des vaccinations associées.

Quant à la *méthode des vaccinations associées*, je montre qu'elle a grandement facilité, en médecine humaine et en médecine vétérinaire, l'application des vaccinations anatoxiques et d'autres vaccinations telles que la vaccination antityphoparatyphoïdique T. A. B., la vaccination anticoquelucheuse, etc. ; elle facilitera, sans doute, dans l'avenir, l'application de la vaccination contre la

poliomyélite. Les vaccinations associées se sont montrées au moins aussi efficaces et même plus efficaces dans certains cas, que chacune des vaccinations effectuées séparément.

Ainsi à l'heure actuelle, des centaines de millions d'êtres humains répartis dans le monde entier, sont efficacement protégés par nos méthodes, contre la diphtérie, contre le tétanos et autres maladies redoutables et particulièrement meurtrières.

Tels sont certains des résultats que l'on trouvera exposés, en détail, dans cette Monographie qui renferme de très nombreuses statistiques mises à jour et quantité d'autres documents ainsi que plus de 300 références bibliographiques.

A l'Académie des Sciences devant laquelle, le 10 décembre 1923, était présentée par M. Roux, en mon nom, la Communication princeps : « *Sur le pouvoir floculant et les propriétés immunisantes d'une toxine rendue anatoxique* (*anatoxine*) » [1] et qui, depuis lors, a accueilli dans les *Comptes rendus*, mes Notes sur ce sujet et sur de nombreux autres sujets, j'exprime aujourd'hui ma vive gratitude.

COMMISSIONS.

Par la majorité des suffrages, MM. **Armand de Gramont**, **Louis de Broglie**, **Albert Portevin**, pour la Division des sciences mathématiques et physiques, MM. **Gabriel Bertrand**, **René Leriche**, **Roger Heim**, pour la Division des sciences chimiques et naturelles, sont élus membres de la Commission qui, sous la présidence de M. le Président de l'Académie, dressera une liste de savants susceptibles d'être élus pour chacune des places d'Associés étrangers vacantes par la mort de M. *Albert Blakeslee* et de Sir *Alexander Fleming*.

PRÉSENTATIONS.

M. le **Ministre de la Santé publique et de la population** invite l'Académie à lui présenter une liste de trois personnalités dont l'une sera désignée pour représenter l'Académie dans le **Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France**.

MM. **Gaston Ramon**, **Antoine Lacassagne** et **André Mayer** lui seront présentés.

---

(1) *Comptes rendus*, 177, 1923, p. 1338.

CORRESPONDANCE.

M. le **Directeur des Monnaies** fait hommage à l'Académie d'un exemplaire en bronze de la Médaille gravée par Albert David à l'effigie du **Général Dassault**.

M. **Fernand Baldet** prie l'Académie de bien vouloir le compter au nombre des candidats à la place vacante, dans la Section d'astronomie, par la mort de M. *Jean Chazy*.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Les Escargots*, (Helix Pomatia L. *et* Helix Aspersa M.). *Biologie, Élevage, Parcage, Histoire, Gastronomie, Commerce*, par Jean Cadart.

2° *Proceedings of the eight Pacific Science Congress of the Pacific Science Association, held at the University of the Philippines, Diliman, Quezon City*, 16*th to* 28*th November* 1953.

3° Hermann Bräuning Oktavio. *Die Zeichnungen und Tafeln* (1784-1831) *zu Gœthes Abhandlung über den Zwischenknochen und die Textredaktion der Nova Acta* 1831.

4° *Sur la Géométrie du Tétraèdre*, par Victor Thébault, in *Mathesis*, tome 64, nos 3-4-5.

ALGÈBRE. — *Sur une propriété des racines d'une équation qui intervient en Mécanique*. Note de M. **Maurice Parodi**, présentée par M. Henri Villat.

Nous nous proposons de déterminer les régions du plan complexe où se situent les racines de l'équation

$$\| a_{ij}z + b_{ij} \| = 0 \qquad (i, j = 1, 2, \ldots, n)$$

le déterminant qui figure au premier membre étant de degré n.

En reprenant un raisonnement de M. A. Ostrowski [1], on peut établir que si z est une racine de l'équation considérée et si $k_1, k_2, \ldots, k_n$ sont n nombres

[1] *Rendinconti di Matematica e delle sue applicazioni*, série V, volume X, fasc. 1-2, Rome, 1951, p. 156.

positifs satisfaisant à l'inégalité

$$(1) \qquad \sum_{i=1}^{n} \frac{1}{k_i+1} \leqq 1$$

les éléments du déterminant considéré satisfont à l'une au moins des relations

$$(2) \qquad |a_{ii}z + b_{ii}| \leqq k_i^{\frac{1}{q}} \left\{ \sum_{j \neq i} |a_{ij}z + b_{ij}|^p \right\}^{\frac{1}{p}} \qquad (i, j = 1, 2, \ldots, n)$$

p et q étant deux nombres positifs tels que

$$(3) \qquad \frac{1}{p} + \frac{1}{q} = 1.$$

Or, pour $p \geqq 1$ l'inégalité de Minkowski permet d'écrire

$$(4) \qquad \left\{ \sum_{j \neq i} |a_{ij}z + b_{ij}|^p \right\}^{\frac{1}{p}} \leqq \left\{ \sum_{j \neq i} |a_{ij}z|^p \right\}^{\frac{1}{p}} + \left\{ \sum_{j \neq i} |b_{ij}|^p \right\}^{\frac{1}{p}}, \qquad (i = 1, 2, \ldots, n).$$

Les inégalités (2) deviennent ainsi, après division par $|a_{ii}|$;

$$(5) \qquad \left| z + \frac{b_{ii}}{a_{ii}} \right| \leqq |z| \frac{k_i^{\frac{1}{q}}}{|a_{ii}|} \left\{ \sum_{j \neq i} |a_{ij}|^p \right\}^{\frac{1}{p}} + \frac{k_i^{\frac{1}{q}}}{|a_{ii}|} \left\{ \sum_{j \neq i} |b_{ij}|^p \right\}^{\frac{1}{p}}, \qquad (i = 1, 2, \ldots, n).$$

Désignant par A_i le point d'affixe $-b_{ii}/a_{ii}$, par O l'origine du plan complexe et par M le point d'affixe z, il apparaît que l'on a

$$(6) \qquad A_iM - \lambda_{1i} OM \leqq \lambda_{2i} \qquad (i = 1, 2, \ldots, n)$$

λ_{1i} et λ_{2i} étant des constantes de valeurs évidentes.

Ainsi les racines de l'équation envisagée se situent dans le domaine (D_1) formé par la réunion des régions intérieures aux *ovales de Descartes* d'équations (6).

Notons que nous avons travaillé sur les lignes du déterminant; nous aurions pu tout aussi bien raisonner sur les colonnes; les zéros du déterminant se trouvent alors dans le domaine (D_2) formé par la réunion des régions intérieures aux n ovales de Descartes d'équations

$$(7) \qquad \left| z + \frac{b_{ii}}{a_{ii}} \right| \leqq |z| \frac{k_i^{\frac{1}{q}}}{|a_{ii}|} \left\{ \sum_{j \neq i} |a_{ji}|^p \right\}^{\frac{1}{p}} + \frac{k_i^{\frac{1}{q}}}{|a_{ii}|} \left\{ \sum_{j \neq i} |b_{ji}|^p \right\}^{\frac{1}{p}}, \qquad (i = 1, 2, \ldots n).$$

En définitive, l'intersection des domaines (D_1) et (D_2) définit la région du plan où se situent les racines de l'équation considérée.

Remarques. — I. En faisant $q = \infty$, $p = 1$, on trouve, en travaillant sur les

lignes, les n ovales

(8) $$\left| z + \frac{b_{ii}}{a_{ii}} \right| \geq |z| \frac{\sum_{j \neq i} |a_{ij}|}{|a_{ii}|} + \frac{\sum_{j \neq i} |b_{ij}|}{|a_{ii}|} \qquad (i = 1, 2, \ldots, n).$$

Ce résultat aurait pu être obtenu directement en ayant recours à la condition suffisante de non-annulation d'un déterminant donnée par M. Hadamard.

II. — Faisant $q = 1$, $p = \infty$, on trouve, toujours en travaillant sur les lignes,

(9) $$\left| z + \frac{b_{ii}}{a_{ii}} \right| \leq k_i \frac{a_i}{|a_{ii}|} |z| + k_i \frac{b_i}{|a_{ii}|} \qquad (i = 1, 2, \ldots, n)$$

a_i et b_i désignant les modules maxima des éléments non diagonaux a_{ij} et b_{ij} de la ligne de rang i.

TOPOLOGIE. — *L'anneau de cohomologie d'un espace fibré en sphères.* Note (*) de M. **Guy Hirsch**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

La connaissance de la structure multiplicative de la cohomologie d'un espace fibré en sphères (homologues à zéro) dépend de l'expression du produit de classes provenant, avec augmentation de la dimension, de classes de la base. Ce produit se calcule au moyen de deux des classes de « Stiefel-Whitney ».

Je traiterai ici uniquement le cas d'un espace $\tilde{E}$ fibré en sphères (homologiques), où la fibre $\check{F}$ est homologue à zéro [1]. (Je me borne ici au cas où les coefficients appartiennent à un corps.) Je ferai usage des résultats généraux que j'ai obtenus sur la structure additive de l'homologie des espaces fibrés [2]; j'en résumerai ici, dans le cas particulier traité, ceux qui sont nécessaires.

Théorème 1 [3]. — *Il existe dans* $\tilde{E}$ *une cochaîne* $\tilde{u}$ *à* d *dimensions, dont la restriction à chaque* $\check{F}$ *est le cocycle fondamental de* $\check{F}$, *et telle que* $\delta\tilde{u} = P(\underline{w})$, *où* P *est la transposée de la projection, et* $\underline{w}$ *un cocycle, représentant de* $w \in H$, groupe de cohomologie de l'espace de base. (w est la classe caractéristique de Whitney-Gysin-Steenrod); $\tilde{u}$ est connu à P(C) près, C étant le groupe des cochaînes de la base.

Théorème 2 [4]. — *Il y a un isomorphisme* P_1 *de* $F_1 \subset H \otimes \check{H}^d$ (où $\check{H}^d$ repré-

(*) Séance du 3 octobre 1955.

(1) Cette Note reprend le problème abordé déjà dans ma Note (*Comptes rendus*, 230, 1950, p. 46); le cas où $\check{F}$ n'est pas homologue à zéro a été traité dans *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 1297.

(2) *Bull. Soc. Math. de Belgique*, 6, 1954, p. 79-96.

(3) *Voir* (2), 1er théorème fondamental, nos 2-3, p. 86.

(4) *Voir* (2), 2e théorème fondamental, nos 3-4, p. 89.

sente le groupe de cohomologie de $\check{F}$ pour la dimension d) *sur* $\tilde{H}/P^*(H)$ ($\tilde{H}$ = groupe de cohomologie de $\tilde{E}$).

THÉORÈME ([5]). — *Si* K *est le noyau de* P^* (envoyant H en $\tilde{H}$), K *est l'idéal engendré par* w, *et* $F_1 = $ (*annulateur de* w) $\otimes \check{H}^d$.

THÉORÈME 2′. — *On peut préciser* P_1 *comme suit : soit* $\underline{f}$ *un représentant* (*cocycle de la base*) *de* $f \in F_1$; *on peut prendre* $P_1(f) = $ *classe* (dans $\tilde{H}/P^*(H)$) *de* $P(\underline{f})\tilde{u}$ *modulo* P(C).

(Si $(-1)^p \underline{fw} = \delta b$, $P(\underline{f})\tilde{u} - P(b)$ est un cocycle.)

THÉORÈME 3. — *Définissons* $\tilde{V} \subset \tilde{C}$ (cochaînes de $\tilde{E}$) *par* $\tilde{V} = P(C) + P(C)\tilde{u}$. $\tilde{V}$ *a même cohomologie* (*additive*) *que* $\tilde{C}$ ([6]).

De ce théorème résulte le

THÉORÈME A. — *Soit* $\tilde{c} \in \tilde{C}$ *avec* $\delta c \in \tilde{V}$; *alors il y a* $\tilde{v} \in \tilde{V}$ *tel que* $\tilde{c} - \tilde{v}$ *soit un cobord.*

En calculant le cobord de $\tilde{c} - \tilde{v}$, on établit le

THÉORÈME B. — *Soit* $\tilde{c} \in \tilde{C}$ *avec* $\delta\tilde{c} \in P(C)$. *Alors il y a un cocycle* z *tel que* $\tilde{c} = P(z)\tilde{u}$, *à un cobord et* P(C) *près.*

THÉORÈME C. — $\tilde{u}.\tilde{u}$ *définit* $x_1 \in H$, *de dimension* d, *et* $x_1 w = Sq^d w$.

En effet on peut appliquer le théorème B à $\tilde{u}.\tilde{u} - \tilde{u} \cup_1 P(\underline{w})$, dont le cobord est $P(Sq^d \underline{w})$, et écrire

$$\tilde{u}.\tilde{u} - \tilde{u} \cup_1 P(\underline{w}) = P(\underline{x}_1)\tilde{u} \quad \text{à } P(C) \text{ près,}$$

$\underline{x}_1$ étant un cocycle représentant de la classe x_1 ; x_1 coïncide probablement avec la « classe de Stiefel-Whitney » de dimension d au sens de R. Thom ([7]).

Un résultat analogue vaut d'ailleurs (en coefficients mod 2) pour $Sq_n\tilde{u}$, qui définit une classe x_{n+1}, de dimension $d-n$, et l'on a $x_{n+1}w = Sq_{n+1}w$; les x_i sont sans doute les « classes de Stiefel-Whitney ».

En vertu des théorèmes 2 et 2′, la description de la structure multiplicative de $\tilde{H}$ exige le calcul de la classe $y(f, f')$ envoyée par P_1 sur $P_1(f)\,P_1(f')$, pour toute paire $f, f' \in F_1$. [Si f et f' sont respectivement (dans la base) de dimension p et q, y est de dimension $p+q+d$.]

THÉORÈME. — Si l'on pose $P_1(f)\,P_1(f') = P_1(y)$, *alors* $y = ff'x_1 + \langle f, w, f' \rangle$ *où le second terme désigne le « triple produit de Massey »* ([8]) (x_1 défini plus haut, théorème C).

On a en effet, par un choix de représentants $\underline{f}$ et $\underline{f}'$ (théorème 2′),

([5]) *Voir* ([2]), théorèmes Φ et K, p. 93 ; ces théorèmes expriment ici les résultats de Gysin.

([6]) *Voir* ([2]), nos 3-4, p. 89.

([7]) *Ann. Éc. Norm. Sup.*, 69, 1952, p. 109-182.

([8]) *Bull. Amer. Math. Soc.*, 57, 1951 ; Abstract 51, p. 74.

$\tilde{z} = P(\underline{f})\tilde{u} - P(b)$, $\tilde{z}' = P(\underline{f}')\tilde{u} - P(b')$, avec $\underline{f w'} = (-1)^p \delta b$, $\underline{f'}\,\underline{w} = (-1)^p \delta b.'$ Écrivons aussi $\underline{w f'} = \delta b'^*$.

Le calcul de $\tilde{z}.\tilde{z}'$ [utilisant le résultat du théorème C, les formules de Steenrod pour $\cup_1$ et le théorème 1 d'une Note précédente ([9])] montre que, à un cobord et à des éléments de P(C) près, $\tilde{z}.\tilde{z}' = \underline{ff'}\,\underline{x_1}\,\tilde{u} + (\underline{f b'^*} - \underline{b f'})\tilde{u}$, et la classe de $f b'^* - b\underline{f'}$ est, par définition, le « triple produit » $\langle f, w, f' \rangle$.

Cas particulier. — Si $f' = f$, on a, d'après le théorème 3 de ([9]) :

A $\mathrm{Sq}_0 P_1(f)$ *correspond* (*par* P_1) $w \mathrm{Sq}_1 f + x_1 \mathrm{Sq}_0 f$

(w est la classe de Stiefel-Whitney de dimension $d+1$, x_1 est sans doute la classe de dimension d).

Cette dernière formule est un cas particulier d'une formule générale pour $\mathrm{Sq}_i P_1(f)$.

ÉLASTICITÉ. — *Sur la détermination analogique de la fonction d'Airy dans des domaines multiplement connexes.* Note (*) de M. **Jean Boscher**, présentée par M. Joseph Pérès.

Si nous désignons par $\Phi(x, y)$ la fonction d'Airy et par $\overline{X}$ et $\overline{Y}$ les composantes des forces agissant sur le contour Γ d'abscisse curviligne s, on a

$$\Phi'_x = -\int_{s_0}^{s} \overline{Y}\, ds = -F_1(s) + \alpha, \qquad \Phi'_y = \int_{s_0}^{s} \overline{X}\, ds = F_2(s) + \beta;$$

$$\Phi = \int_{s_0}^{s} (\Phi'_x\, dx + \Phi'_y\, dy) = \int [-F_1(s)\, dx + F_2(s)\, dy] + \alpha x + \beta y + \gamma.$$

Si la section considérée est simplement connexe, les constantes d'intégration α, β et γ peuvent être choisies arbitrairement (égalées à zéro par exemple), par contre, si la section est multiplement connexe, trois de ces constantes apparaissent à chaque contour et dans ce cas, on ne peut disposer que d'un seul de ces groupes de trois constantes. Les autres constantes se déterminent par la condition que les grandeurs du déplacement et de la déformation soient fonction uniforme des coordonnées x et y. Dans le cas général, ces conditions sont difficilement exploitables, mais pour les domaines doublement connexes dont un des contours Γ_2 est libre de charge, elles deviennent sur le contour non chargé, n étant le vecteur normal au contour

$$(\mathrm{E}) \begin{cases} (a) & \displaystyle\int_{\Gamma_2} \left[x \frac{d}{dn}(\Delta^2\Phi) + y \frac{d}{ds}(\Delta^2\Phi) \right] ds = 0; \\ (b) & \displaystyle\int_{\Gamma_2} \left[y \frac{d}{dn}(\Delta^2\Phi) - x \frac{d}{ds}(\Delta^2\Phi) \right] ds = 0; \\ (c) & \displaystyle\int_{\Gamma_2} \left[\frac{d}{dn}(\Delta^2\Phi) \right] ds = 0. \end{cases}$$

([9]) *Comptes rendus*, 241, 1955, p. 923.

(*) Séance du 26 septembre 1955.

Dans ce cas, W. Prager [1] a signalé qu'on pouvait utiliser un développement de la fonction d'Airy : $\Phi = \Phi_0 + \alpha\Phi_\alpha + \beta\Phi_\beta + \gamma\Phi_\gamma$, tel que les fonctions Φ_0, Φ_α, Φ_β, Φ_γ, soient biharmoniques et répondent aux conditions suivantes :

1. Φ_0 et $d\Phi_0/dn$ ont les valeurs imposées sur le contour Γ_1 et sont nuls sur le contour libre Γ_2.

2. Φ_α et $d\Phi_\alpha/dn$ sont nuls sur Γ_1, $\Phi_\alpha = x$ et $d\Phi_\alpha/dn = l$ sur Γ_2.

3. Φ_β et $d\Phi_\beta/dn$ sont nuls sur Γ_1, $\Phi_\beta = y$ et $d\Phi_\beta/dn = m$ sur Γ_2.

4. Φ_γ et $d\Phi_\gamma/dn$ sont nuls sur Γ_1, $\Phi_\gamma = 1$ et $d\Phi_\gamma/dn = 0$ sur Γ_2.

l et m étant les cosinus directeurs de la normale au contour. Les fonctions Φ_0, Φ_α, Φ_β, Φ_γ, ainsi déterminées, donnent une valeur de Φ qui, portée dans les intégrales (E), permet de calculer les trois constantes α, β, γ.

Dès lors, la résolution analogique s'effectue sans difficultés en imposant successivement les conditions 1, 2, 3, 4, au contour d'un ensemble de réseaux superposés, ce qui permet d'obtenir Φ_0, Φ_α, Φ_β, Φ_γ et les laplaciens correspondants S_0, S_α, S_β, S_γ [2].

On porte alors $\Delta^2\Phi = S_0 + \alpha S_\alpha + \beta S_\beta + \gamma S_\gamma$, dans les intégrales (E) et la résolution de ce système d'équations fournit les valeurs des constantes.

Il est facile de se rendre compte que l'intégrale (a) du système (E) s'annule pour une symétrie par rapport à Oy et que l'intégrale (b) s'annule pour une symétrie par rapport à Ox. Dans ces conditions, si l'on considère un domaine chargé sur le contour Γ_1, l'ensemble étant symétrique par rapport à Oy, les fonctions biharmoniques Φ_0, Φ_β, Φ_γ, admettront le même axe de symétrie, et seule la fonction Φ_α sera quelconque. L'intégrale (a) deviendra alors

$$(a') \qquad \alpha\int_{\Gamma_2}\left(x\frac{d}{dn}S_\alpha + y\frac{d}{ds}S_\alpha\right)ds = 0, \qquad \text{soit} \quad \alpha = 0.$$

De même, dans le cas d'une symétrie par rapport à Ox, l'intégrale (b) deviendra

$$(b') \qquad \beta\int_{\Gamma_2}\left(y\frac{d}{dn}S_\beta - x\frac{d}{ds}S_\beta\right)ds = 0, \qquad \text{soit} \quad \beta = 0.$$

Les symétries entraînent donc une simplification dans la détermination de la fonction Φ sur Γ_2.

Remarquons également que, si le domaine est symétrique par rapport à Oy (ou Ox), les forces appliquées sur Γ_1 étant quelconques, l'équation (a) [ou (b)] se simplifie sous la forme

$$(a'') \qquad \int_{\Gamma_2}\left(x\frac{d}{dn}S_0 + y\frac{d}{ds}S_0\right)ds + \alpha\int_{\Gamma_2}\left(x\frac{d}{dn}S_\alpha + y\frac{d}{ds}S_\alpha\right)ds = 0,$$

$$(b'') \qquad \int_{\Gamma_2}\left(y\frac{d}{dn}S_0 - x\frac{d}{ds}S_0\right)ds + \beta\int_{\Gamma_2}\left(y\frac{d}{dn}S_\beta - x\frac{d}{ds}S_\beta\right)ds = 0,$$

ce qui permet d'obtenir directement la valeur de la constante α (ou β).

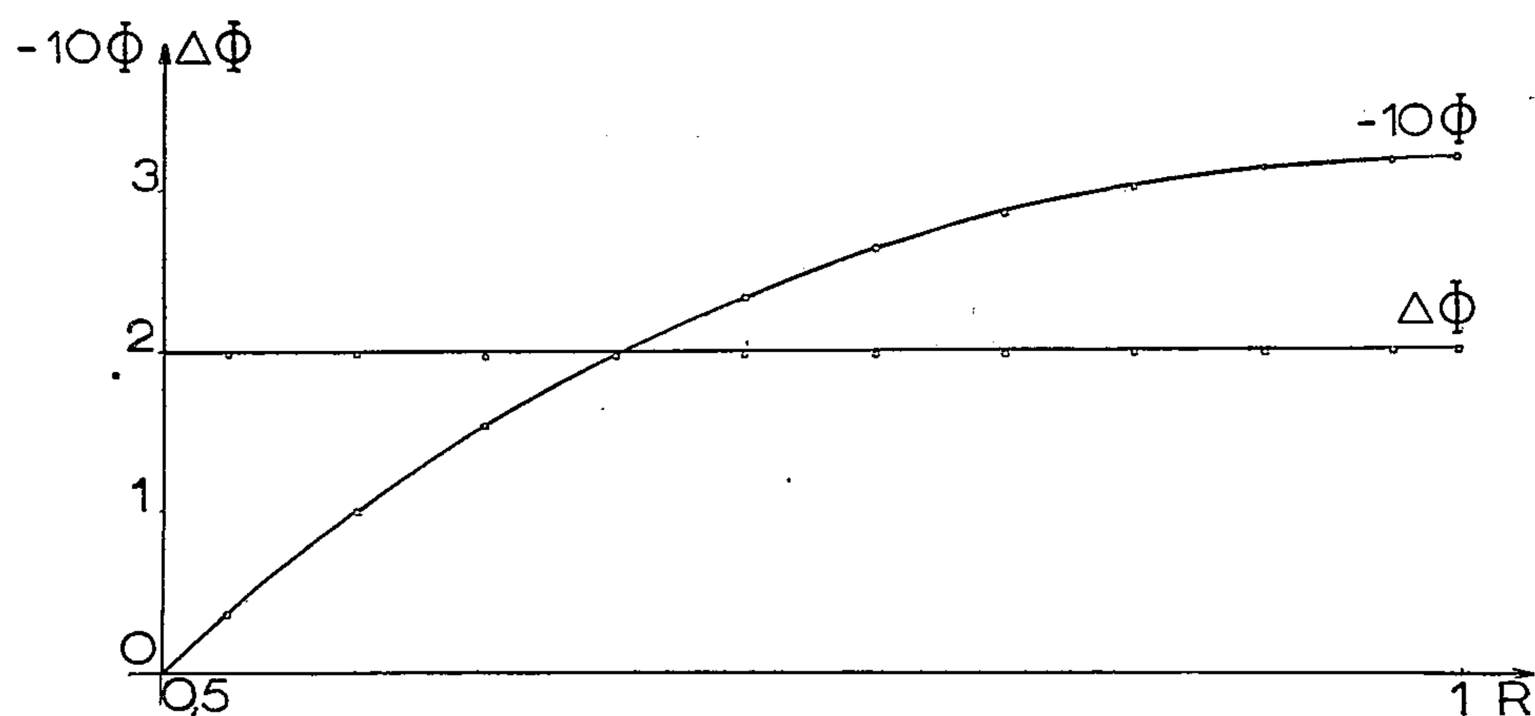
(1) *Quart. Appl. Math.*, janvier 1946.

(2) *Comptes rendus*, 236, 1953, p. 44.

Afin d'illustrer cette méthode je citerai l'exemple particulièrement simple et entièrement calculable d'un tuyau soumis à une pression interne uniforme. Du fait de la symétrie, les constantes α et β sont nulles, et il suffit de réaliser les conditions 1 et 4 qui définissent Φ_0 et Φ_γ. Les contours Γ_1 et Γ_2 de rayons $(R_1 = 0,5)$ et $(R_2 = 1)$, et la pression radiale $(F = 3)$ amènent à

$$\Phi = -0,5\,\mathrm{Log}(x^2+y^2) + 0,5(x^2+y^2) - 0,81815,$$

ce qui correspond à $(\Phi)_{\Gamma_1} = 0$ et $(\Phi)_{\Gamma_2} = \gamma = -0,31815$.



L'expérience analogique donne $\gamma_{\mathrm{Exp}} = -0,3173$, et détermine la fonction Φ avec une précision de l'ordre de 0,5 % et la fonction S avec une précision de l'ordre de 1 %. La figure ci-dessus donne, suivant l'axe Ox, les courbes théoriques de Φ et de S comparées aux points déterminés expérimentalement. Remarquons cependant que cet exemple pouvait être traité à l'aide de deux réseaux linéaires superposés, la fonction Φ dépendant uniquement de la coordonnée polaire r.

ASTRONOMIE. — *Essai de détermination des éléments physiques de quelques astéroïdes*. Note de M. **Charles Cailliatte**, présentée par M. André Danjon.

En utilisant les belles observations photoélectriques d'astéroïdes de Kuiper et ses assistants, et les anciennes observations existantes, nous tâchons de déterminer les éléments physiques les plus probables de cinq petites planètes. Il en résulte que les plans des équateurs planétaires semblent ne pas devoir s'écarter beaucoup des plans orbitaux et que le sens de rotation direct ne serait pas privilégié.

Nous avons déjà étudié la théorie physique de (433) *Eros* et avons donné ici [1] une formule pour déterminer l'époque du minimum d'éclat.

[1] C. Cailliatte, *Comptes rendus*, 240, 1955, p. 489.

Kuiper et ses assistants ont publié (²) des observations photoélectriques très précises d'autres astéroïdes variables, effectuées entre 1949 et 1954.

D'un autre côté, nous disposons de quelques séries anciennes d'observations photométriques de valeurs très inégales. Les séries les plus étendues concernent (4) *Vesta*, (7) *Iris*, (15) *Eunomia*, (39) *Lætitia* et (44) *Nysa*. Ce sont les seules qui nous permettent, par le matériel d'observation réuni, de tâcher de déterminer les positions approchées de leurs pôles.

Connaissant les coordonnées α_0, δ_0 du pôle de l'équateur de l'astéroïde, appelons A et D, l'ascension droite (comptée à partir du nœud ascendant de l'équateur de l'astre sur l'équateur terrestre) et la déclinaison astrocentriques de la Terre; g, la magnitude réduite à $r = \Delta = 1$; φ, l'angle de phase de l'astéroïde dont l'amplitude de variation d'éclat est Amp.; et soient : a le décrément d'amplitude, γ le coefficient de phase, pour un degré de variation de D ou de φ.

Soient encore E le nombre de périodes sidérales effectuées depuis l'époque zéro (T_0), $K = P/360$ le temps que met l'astre pour tourner de 1° autour de son axe; K a le signe + si la rotation est directe, et — si elle est rétrograde. Si $T_{(\text{planét.})}$ est l'époque astrocentrique d'un maximum ou d'un minimum d'éclat (selon que l'un ou l'autre phénomène est observable avec le plus de précision), qui se déduit de l'époque géocentrique en en retranchant l'aberration planétaire, on a les formules générales applicables à des astres ne s'écartant pas beaucoup de la forme sphérique (¹).

$$T_{(\text{planét})} = T_0 + PE + KA,$$
$$\text{Amp} = \text{Amp}_{\max} - a\,|\,D\,|,$$
$$g = g_0 + \gamma\varphi.$$

On voit immédiatement que la correction KA pourra nous renseigner sur le sens de rotation de l'astre. En effet, l'angle A variant lentement pendant une opposition, la période de rotation synodique instantanée que l'on observe est toujours très voisine de la période sidérale, et en constitue une première approximation. Il n'en est pas de même lorsque l'on passe d'une opposition à une autre ou, comme pour *Eros*, lorsque A varie considérablement au cours d'une opposition.

(4) *Vesta*. — Époques minimums en 1904-1941-1949-1950-1952. La période correspond à une oscillation. Rotation sens *direct*.

$$\text{Min}_{\text{planét}} = \text{J. D. } 2\,433\,574{,}802 + 0^{\text{j}}{,}222\,700\,6\,\text{E} + 0^{\text{j}}{,}000\,62\,\text{A},$$
$$\text{Amp} = 0^{\text{m}}{,}20 - 0^{\text{m}}{,}033\,|\,D\,|, \qquad g_{(\text{visuel})} = 3^{\text{m}}{,}43 + 0^{\text{m}}{,}029\,\varphi\,;$$
$$\text{Pôles Nord}\left\{\begin{array}{lll} 1^{\circ}\ \text{Équateur :} & \alpha_0 = 296^{\circ}{,}4, & \delta_0 = 66^{\circ}{,}9; \\ 2^{\circ}\ \text{Orbite :} & \alpha' = 288^{\circ}{,}1, & \delta' = 68^{\circ}{,}9. \end{array}\right.$$

(²) KUIPER, GROENEVELD, AHMAD et SHATZEL, *Astrophys. J.*, 120, 1954, p. 200, 520, 547 et 551.

(7) *Iris*. — Époques minimums en 1904-1905-1906-1950-1952. La période correspond à deux oscillations. Rotation sens *direct*.

L'époque est le minimum principal qui suit le maximum principal.

$$\mathrm{Min}_{\text{planét}} = \text{J. D. } 2\,433\,505{,}636 + 0^{\text{j}}{,}296\,785\,3\,E + 0^{\text{j}}{,}000\,82\,A,$$

$$\mathrm{Amp} = 0^{\text{m}}{,}34 - 0^{\text{m}}{,}0121\,|D|, \qquad g_{(\text{visuel})} = 5^{\text{m}}{,}96 + 0^{\text{m}}{,}018\,\varphi;$$

$$\text{Pôles Nord}\begin{cases} 1^{\circ}\ \text{Équateur}: & \alpha_0 = 212^{\circ}{,}1, \quad \delta_0 = 47^{\circ}{,}1;\\ 2^{\circ}\ \text{Orbite}: & \alpha' = 256^{\circ}{,}1, \quad \delta' = 66^{\circ}{,}7.\end{cases}$$

(15) *Eunomia*. — Époques maximums en 1905-1950-1952-1953. La période réelle $P = 0^{\text{j}},25344810$ correspond à deux oscillations quasi égales. La période photométrique utilisée est P/2. L'époque zéro est un maximum « principal ». Rotation sens *rétrograde*.

$$\mathrm{Max}_{\text{planét}} = \text{J. D. } 2\,433\,504{,}831 + 0^{\text{j}}{,}126\,724\,05\,E - 0^{\text{j}}{,}000\,70\,A;$$

$$\mathrm{Amp} = 0^{\text{m}}{,}48 - 0^{\text{m}}{,}008\,|D|, \qquad g_{(\text{visuel})} = 5^{\text{m}}{,}52 + 0^{\text{m}}{,}037\,\varphi;$$

$$\text{Pôles Nord}\begin{cases} 1^{\circ}\ \text{Équateur}: & \alpha_0 = 249^{\circ}{,}5, \quad \delta_0 = 68^{\circ}{,}4;\\ 2^{\circ}\ \text{Orbite}: & \alpha' = 248^{\circ}{,}3, \quad \delta' = 59^{\circ}{,}8.\end{cases}$$

(39) *Lætitia*. — Époques minimums en 1944-1949-1952-1953. La période correspond à 2 oscillations. L'époque est un minimum secondaire, suivant le maximum principal. Rotation sens *rétrograde*.

$$\mathrm{Min}_{\text{planét}} = \text{J. D. } 2\,434\,477{,}785 + 0^{\text{j}}{,}214\,471\,2\,E - 0^{\text{j}}{,}000\,60\,A,$$

$$\mathrm{Amp} = 0^{\text{m}}{,}60 - 0^{\text{m}}{,}035\,|D|, \qquad g_{(\text{visuel})} = 6^{\text{m}}{,}28 + 0^{\text{m}}{,}020\,\varphi;$$

$$\text{Pôles Nord}\begin{cases} 1^{\circ}\ \text{Équateur}: & \alpha_0 = 185^{\circ}, \quad \delta_0 = 86^{\circ};\\ 2^{\circ}\ \text{Orbite}: & \alpha' = 286^{\circ}{,}1, \quad \delta' = 75^{\circ}{,}7.\end{cases}$$

(44) *Nysa*. — Époques maximums en 1920-1921-1949-1954. La période réelle correspond à 2 oscillations. $P = 0.267\,378\,46$. Période photométrique P/2. L'époque est le maximum qui précède le minimum principal. Rotation *rétrograde*.

$$\mathrm{Max}_{\text{planét}} = \text{J. D. } 2\,434\,748{,}582 + 0^{\text{j}}{,}133\,689\,23\,E - 0^{\text{j}}{,}000\,74\,A,$$

$$\mathrm{Amp} = 0^{\text{m}}{,}46 - 0^{\text{m}}{,}060\,|D|, \qquad g_{(\text{visuel})} = 7^{\text{m}}{,}09 + 0^{\text{m}}{,}025\,\varphi;$$

$$\text{Pôles Nord}\begin{cases} 1^{\circ}\ \text{Équateur}: & \alpha_0 = 285^{\circ}{,}6, \quad \delta_0 = 65^{\circ}{,}5;\\ 2^{\circ}\ \text{Orbite}: & \alpha' = 277^{\circ}{,}9, \quad \delta' = 69^{\circ}{,}0.\end{cases}$$

On voit d'après ce qui précède que les équateurs, à part ceux de (7) *Iris*, et de (433) (*Eros*) [3], ne sont pas très différents des plans orbitaux. De même, sur six planètes étudiées, y compris Eros, trois seulement ont un sens de rotation direct.

---

[3] C. Cailliatte, *Bull. Astr.*, 13, fasc. 1, 1949, p. 44.

ASTROPHYSIQUE. — *Étude spectrophotométrique de seize étoiles de Wolf-Rayet de la séquence de l'azote dans l'infrarouge photographique.* Note de Mme **Yvette Andrillat**, présentée par M. André Danjon.

Les mesures d'intensités des quelques raies d'émission observables dans les étoiles de Wolf-Rayet de la séquence de l'azote conduisent à établir un critère de classification infrarouge qui permet de préciser et de confirmer la classification antérieure de ces étoiles, obtenue à l'aide des critères de Beals dans la région photographique ordinaire.

Cette étude des étoiles de Wolf-Rayet de la séquence de l'azote est analogue à celle que j'ai effectuée pour les étoiles de Wolf-Rayet de la séquence du carbone (1). Je m'y suis proposé essentiellement la recherche de nouveaux critères de classification dans la région spectrale 6500-8000 Å. Les étoiles étudiées sont au nombre de 16. Ce sont :

HD 187282, 190918, 193576, 193928, 211853, 214419, 219460 de type WN 5;

HD 4004, 50896, 186943, 191765, 192163, 193077 de type WN 6;

HD 45166, 228766 de type WN 7;

209 B. A. C. de type WN 7 ou WN 8.

La répartition précédente de ces étoiles entre les sous-classes WN 5, WN 6, WN 7, WN 8 est basée sur les critères de classification de Beals (2). Ces critères et leurs valeurs sont indiqués ci-après :

	WN 5.	WN 6.	WN 7.	WN 8.
N V (4603-4622)/He II (4686)......	0,2	–	–	–
He I (5875)/He II (5411)...........	0,1	0,5	1,5	5,0
N III (4640)/He II (4686)..........	–	–	0,5	1,5

Comme je l'ai indiqué lors de l'étude spectrale de ces étoiles (3), les raies sont peu nombreuses dans la région de l'infrarouge photographique. Seules quatre d'entre elles sont mesurables photométriquement. Ce sont : NIW 7123-7109, N II 6889, He I 6678, He II 6560 Å. Mais la raie de He I à 6678 Å est inutilisable pour l'établissement d'un critère de classification car elle est mélangée avec celles de He II (6683 Å) et de N III (6643 Å). De même la raie de N II à 6889 Å n'est pas favorable car elle est en général trop faible; dans certains spectres, elle est même absente. Ainsi seules les raies N IV 7123-7109 et He II 6560 sont utilisables; j'ai donc choisi le rapport de leurs intensités comme critère de classification. Il est à noter que l'intensité

(1) Mme Y. Andrillat, *Comptes rendus*, 237, 1953, p. 784.
(2) C. S. Beals, *Transactions of International Astronomical Union*, 6, 1938, p. 248.
(3) Mme Y. Andrillat, *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 2154.

de la raie H_α à 6563 Å est négligeable ([4]). L'intensité de la raie mesurée à 6560 Å représente donc bien celle de He II.

Parmi les étoiles que je considère, certaines ont été choisies par Beals comme étoiles-types d'une sous-classe spectrale. Ce sont : HD 187 282 (WN 5), HD 191 765 et HD 192 163 (WN 6). En admettant que ces étoiles caractérisent encore les sous-classes WN 5 et WN 6 dans la région du proche infrarouge, j'obtiens les valeurs suivantes du nouveau critère de classification :

NIV (7 123-7 109)/He II (6 560).......... { 0,8 pour la sous-classe WN 5,
1,05 pour la sous-classe WN 6.

Il est à noter que la valeur 1,05 est la moyenne des déterminations obtenues pour les deux étoiles-types de la sous-classe WN 6, à savoir : 1,0 pour HD 191 765 et 1,1 pour HD 192 163. La détermination du critère précédent permet alors de classer les 16 étoiles étudiées de la façon suivante (la valeur du critère est indiquée entre parenthèses après le numéro de chaque étoile dans le catalogue HD) :

	WN 5.	WN 5,5.	WN 6.	
214 419 (0,7)	187 282 (0,8)	50 896 (0,9)	191 765 (1,0)	193 928 (1,3)
	190 918 (0,8)	193 077 (0,9)	192 163 (1,1)	
	45 166 (0,8)	4 004 (0,9)	211 853 (1,1)	
	219 460 (0,8)	209 BAC (0,9)	228 766 (1,1)	
		186 943 (0,9)		
		193 576 (0,9)		

Il faut noter que les valeurs du critère infrarouge pour les deux sous-classes WN 5 et WN 6 sont voisines. Il est donc plus difficile d'établir une classification précise que dans le cas des étoiles WC où les valeurs des critères variaient plus largement d'une sous-classe à l'autre. En tenant compte de cette remarque, l'accord entre la classification de Beals et celle qui résulte de cette étude apparaît assez bon. Toutefois l'étoile 209 B. A. C., classée approximativement WN 7-WN 8 lors de sa découverte ([5]) ne semble pas pouvoir appartenir à un type aussi avancé. De même, l'étoile HD 45 166 se classe WN 5 et non WN 7. On notera également les positions extrêmes des deux étoiles HD 214 419 (valeur du critère 0,7) et HD 193 928 (valeur du critère 1,3). Il ne m'est pas possible de préciser davantage la place que cette dernière occupe dans la classification car je n'ai pas pu observer une étoile-type de la sous-classe WN 7.

Dans quelques spectres, j'ai pu mesurer le rapport d'intensités He I (5875)/He II (5411), bien que les raies correspondantes soient souvent faibles et situées dans la région de moindre sensibilité de la plaque. L'intérêt de

---

([4]) V. Ambarzumian, *Poulkovo Observatory Circular*, 7, 1933, p. 11.

([5]) P. W. Merrill, *Publications of the Astronomical Society of Pacific*, 50, 1938, p. 350.

cette mesure est de permettre la comparaison de mes résultats à ceux de Beals. L'accord est assez bon : j'obtiens la valeur 0,3 pour la sous-classe WN5 (la valeur donnée par Beals étant 0,1) et la valeur 0,5 pour la sous-classe WN6 (valeur également trouvée par Beals).

D'autre part, Swings (6) a montré que, dans la plupart des spectres des étoiles WN, on peut mettre en évidence la présence de la raie de CIV à 5812 Å. Il m'a paru intéressant de mesurer toutes les fois qu'il était possible le rapport d'intensités HeI(5875)/CIV(5812); les valeurs obtenues croissent avec le type spectral et sont : 0,4 pour la sous-classe WN5; 0,7 pour la sous-classe WN5,5 et 1,2 pour la sous-classe WN6.

On peut y voir une confirmation à la classification qui vient d'être établie.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Probabilités d'excitation de l'atome à deux électrons.* Note de M. **Paul Kessler**, présentée par M. Louis de Broglie.

Dans une publication précédente (1), nous avons montré que l'atome à deux électrons (He, Li^+, etc.) peut subir des transitions doubles par suite de l'effet de répulsion électrostatique entre les deux électrons.

Nous allons montrer que cet effet affecte également de façon importante la valeur des probabilités de transition simple de l'atome à deux électrons. Dans ce but, nous avons calculé de manière approchée les probabilités d'excitation à partir de l'état fondamental $1s^2$ vers les états $1s\,Np$, où $N = 2, 3, 4, 5$.

Nous employons ici encore la méthode classique des perturbations appliquée aux fonctions d'onde, l'interaction e^2/r_{12} étant prise comme perturbation.

Rappelons que les probabilités d'excitation sont données (à un facteur de proportionnalité bien connu près) par

$$P = u^2, \qquad \text{où} \quad u = \langle 1s; Np \,|\, \vec{r}_1 + \vec{r}_2 \,|\, 1s;\ 1s \rangle.$$

En utilisant les indices 0, I, II, ..., pour les ordres d'approximation successifs, tant pour les fonctions d'onde que pour les éléments de matrice, on écrit

$$u_0 = \langle (1s; Np)_0 \,|\, \vec{r}_1 + \vec{r}_2 \,|\, (1s;\ 1s)_0 \rangle,$$
$$u_{\mathrm{I}} = \langle (1s; Np)_0 \,|\, \vec{r}_1 + \vec{r}_2 \,|\, (1s;\ 1s)_{\mathrm{I}} \rangle + \langle (1s; Np)_{\mathrm{I}} \,|\, \vec{r}_1 + \vec{r}_2 \,|\, (1s;\ 1s)_0 \rangle, \qquad \ldots$$

D'autre part, $P = (u_0 + u_{\mathrm{I}} + u_{\mathrm{II}} + \ldots)^2$.

Si nous arrêtons le calcul des probabilités de transition à l'ordre un, il faut

(6) *Astrophysical Journal*, 95, 1942, p. 112.

(1) *Comptes rendus*, 236, 1953, p. 1335.

prendre :

$$P^{I} = u_0^2 + 2u_0u_I.$$

Le calcul de u_0 pour les différentes valeurs de N est aisé.

D'autre part, u_I s'explicite comme suit (en omettant l'indice o pour les fonctions d'onde d'ordre zéro, et en assimilant les fonctions d'onde du spectre continu à celles du spectre discret) :

$$u_I = \sum_{n\neq 1} \langle 1s;\, Np \,|\, \vec{r}_1 + \vec{r}_2 \,|\, 1s;\, ns \rangle \frac{\left\langle 1s;\, ns \left| \frac{e^2}{r_{12}} \right| 1s;\, 1s \right\rangle}{E_1 - E_n}$$
$$+ \sum_{n} \langle 1s;\, Np \,|\, \vec{r}_1 + \vec{r}_2 \,|\, np;\, Np \rangle \frac{\left\langle np;\, Np \left| \frac{e^2}{r_{12}} \right| 1s;\, 1s \right\rangle}{2E_1 - E_n - E_N}$$
$$+ \sum_{n\neq N} \frac{\left\langle 1s;\, Np \left| \frac{e^2}{r_{12}} \right| 1s;\, np \right\rangle}{E_N - E_n} \langle 1s;\, np \,|\, \vec{r}_1 + \vec{r}_2 \,|\, 1s;\, 1s \rangle.$$

En fait, seul un nombre réduit de termes qui figurent dans les sommes ci-dessus a été effectivement calculé pour chaque valeur de N. Pour le reste, un calcul global approximatif a pu être fait chaque fois grâce à un procédé basé sur l'emploi de la double relation « de fermeture » (²) :

$$\sum_{n} \langle 1s;\, Np \,|\, \vec{r}_1 + \vec{r}_2 \,|\, 1s;\, ns \rangle \left\langle 1s;\, ns \left| \frac{e^2}{r_{12}} \right| 1s;\, 1s \right\rangle$$
$$+ \sum_{n} \langle 1s;\, Np \,|\, \vec{r}_1 + \vec{r}_2 \,|\, np;\, Np \rangle \left\langle np;\, Np \left| \frac{e^2}{r_{12}} \right| 1s;\, 1s \right\rangle$$
$$= \sum_{n} \left\langle 1s;\, Np \left| \frac{e^2}{r_{12}} \right| 1s;\, np \right\rangle \langle 1s;\, np \,|\, \vec{r}_1 + \vec{r}_2 \,|\, 1s;\, 1s \rangle = \left\langle 1s;\, Np \left| \frac{e^2(\vec{r}_1 + \vec{r}_2)}{r_{12}} \right| 1s;\, 1s \right\rangle.$$

Les valeurs P^{I} ainsi obtenues pour les atomes He et Li^+ sont comparées dans le tableau ci-dessous aux valeurs P^0 que l'on aurait en négligeant la répulsion électrostatique. Nous prenons comme unité $10^{-3}a^2$.

	He,		Li^+	
Transition.	P^0.	P^I.	P^0.	P^I.
$1s^2 - 1s2p$	277	223	123	107
$1s^2 - 1s3p$	44	64	20	26
$1s^2 - 1s4p$	15	29	7	11
$1s^2 - 1s5p$	7	17	3	6

(²) Ce procédé est analogue à celui défini précédemment par l'auteur pour le calcul des niveaux d'énergie au second ordre. Voir *Comptes rendus*, **240**, 1955, p. 1058 et 1314.

ACOUSTIQUE. — *Photographies des spectres de résonance acoustique des liquides.* Note (*) de M. Constantin Sălceanu, présentée par M. Eugène Darmois.

Dans des publications précédentes ([1]), nous avons décrit un montage permettant l'observation des positions de résonance d'une colonne liquide excitée par un son de fréquence donnée. Ce montage nous a permis d'abord l'inscription des positions de résonance par voie galvanométrique, ensuite la mesure indirecte de la vitesse du son dans divers liquides par la méthode de Bungetzianu. Nous avons également prévu qu'en outre des maxima principaux de résonance, il devait exister des maxima secondaires. De tous ces travaux, il résulte que les spectres de résonance acoustique représentent les résonances dont le liquide est capable quand il est excité par une même source sonore et quand son épaisseur seule varie.

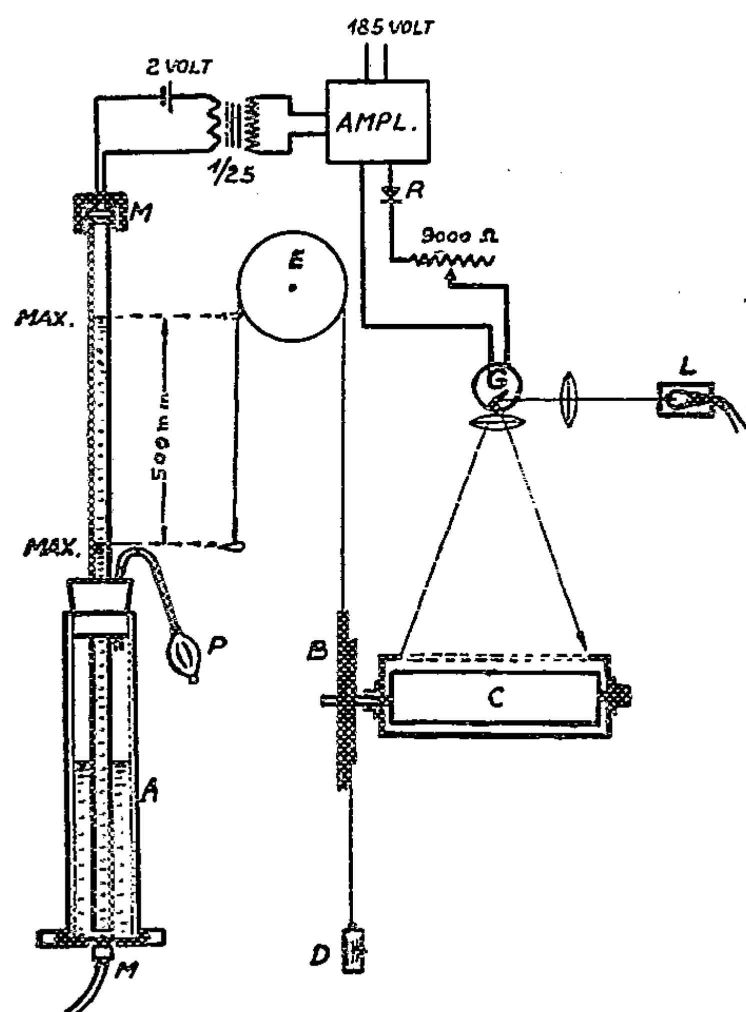


Fig. 1.

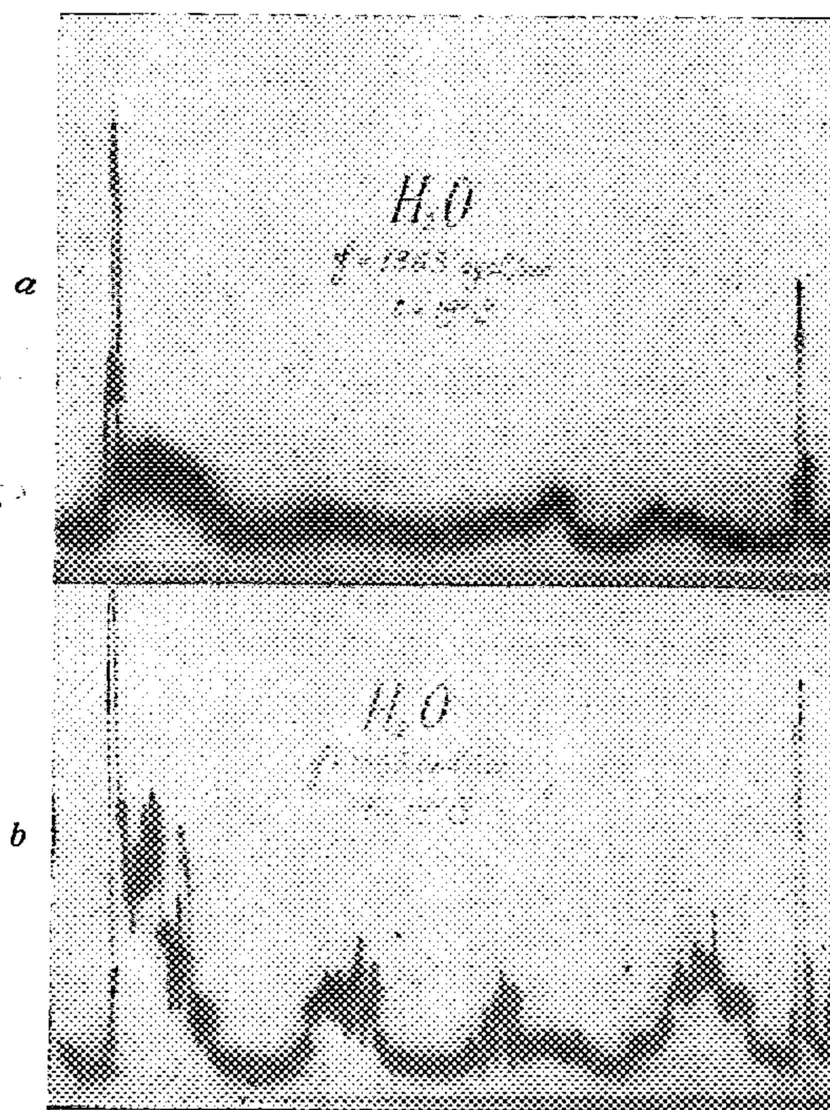


Fig. 2*a*. 2*b*.

Nous avons réussi à perfectionner notre méthode d'observation, comme le montre la figure 1, en employant un microphone à charbon qui enre-

(*) Séance du 10 octobre 1955.

([1]) C. Sălceanu, *Comptes rendus*, 205, 1937, p. 1219; C. Sălceanu et C. Istraty, *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 329 et 502.

gistre les maxima sonores produits dans le liquide. Les variations du courant électrique, amplifiées et redressées, sont mesurées par le galvanomètre G, dont le spot lumineux impressionne un film photographique enroulé sur un cylindre C, enfermé dans une boîte pourvue d'une fente longue et étroite.

La synchronisation du mouvement du cylindre, qui doit suivre la descente très lente du niveau du liquide dans le tube de résonance se fait, comme le montre la figure, à l'aide d'une roue calibrée B et d'une poulie E. L'opérateur effectue cette descente en agissant sur une ficelle qui actionne le cylindre.

Les figures 2*a* et 2*b* se rapportent au cas de l'eau. Dans les deux cas la lame vibrante M a la même fréquence, mesurée par la méthode des battements. Les deux spectres diffèrent par l'amplification après le microphone. En *a*, on distingue les maxima très aigus écartés de 500 mm; la figure montre la précision de la méthode. En *b*, l'amplification est plus grande et on voit les maxima secondaires qui dépendent en premier lieu de la nature du liquide étudié.

Les deux spectres de résonance montrent que l'amplitude des maxima principaux diminue en même temps que la hauteur du liquide dans le tube de résonance. Pour les spectres secondaires, on observe que l'eau présente, pour la fréquence employée, quatre groupes de maxima. Nous nous proposons de rechercher si ces groupes ne dépendent que du liquide ou si leur existence fait intervenir les vibrations propres de l'équipage employé.

ÉLECTRONIQUE. — *Étude sur le faisceau électronique des sources d'ions des spectromètres de masse.* Note de M. **René Vauthier**, présentée par M. Gaston Dupouy.

Une part appréciable des difficultés rencontrées dans le fonctionnement des sources d'ions des spectromètres de masse peut être attribuée au faisceau électronique. Des fluctuations dans la densité des électrons en chaque point de la chambre d'ionisation entraînent en effet des variations d'intensité du courant ionique.

Ces fluctuations sont étroitement liées à l'effet secondaire et aux champs erratiques dus à la polarisation des électrodes; ces phénomènes, qui dépendent eux-mêmes de l'état de surface de la chambre d'ions et des électrodes ont été bien décrits [1]. Les phénomènes de charge d'espace

---

(1) Barnard, *Modern Mass Spectrometry*, The Institute of Physics, London, 1953, p. 60 et suiv.

ont, eux aussi, un effet notable et souvent mal défini. Il semblerait que de tels effets ne dussent guère intervenir étant donné les intensités relativement faibles mises en jeu dans ces faisceaux électroniques (100 à 500 μA). En fait, les conditions de fonctionnement sont profondément modifiées par l'utilisation (presque universelle) d'un champ magnétique auxiliaire, parallèle au faisceau d'électrons. Nous décrivons ici une étude du courant de collecteur (i_c) en fonction du courant électronique total (i_t) et du champ magnétique (H).

1. *Étude de i_c en fonction de* H(i_t = 100 μA). — La source utilisée a déjà été décrite (²); un champ électrique d'extraction est établi à l'intérieur de la chambre d'ionisation; le champ magnétique auxiliaire est créé par un petit électroaimant en fer à cheval, extérieur à la source.

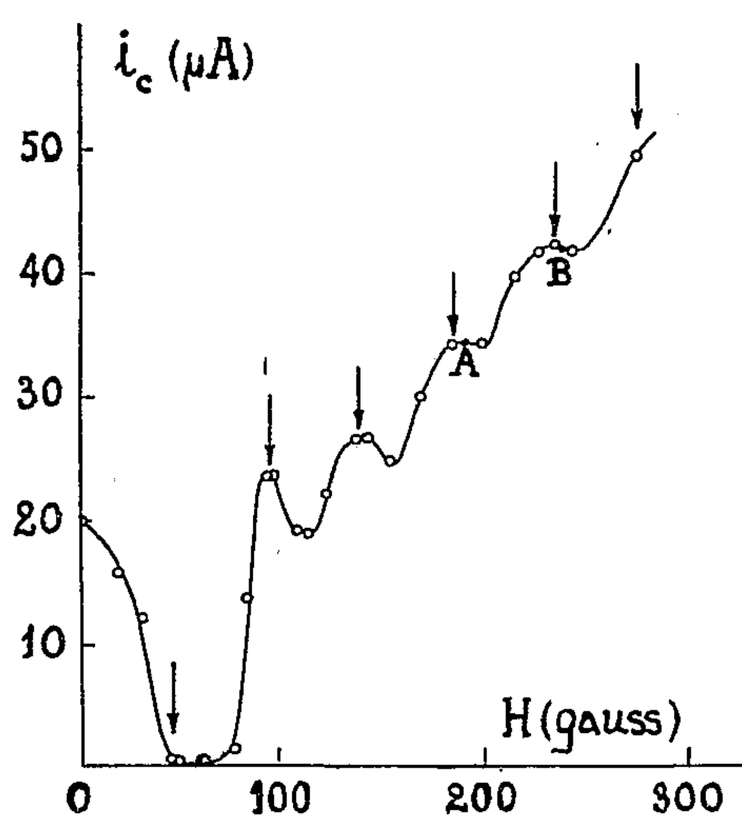


Fig. 1.

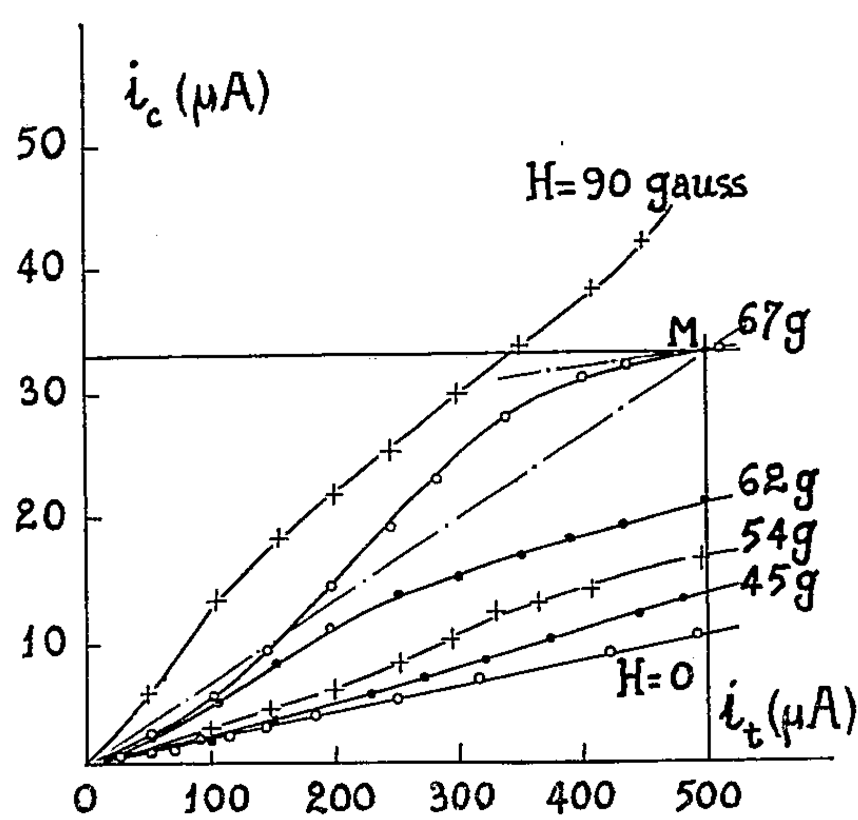


Fig. 2.

On obtient ainsi une courbe (*fig.* 1) qui présente une alternance régulière de minima et de maxima équidistants; il faut noter cependant une perturbation (inexpliquée) à l'emplacement théorique du premier maximum, pour H = 48 Gs. Il est aisé de justifier qualitativement et quantitativement l'équidistance des maxima, puisque, en champs croisés (champ magnétique et champ électrique d'extraction) les trajectoires électroniques sont trochoïdales, et présentent des zones de convergence équidistantes. La vérification numérique est excellente si l'on admet que chaque nouveau maximum de i_c correspond à l'établissement d'un nœud supplémentaire au niveau de la fente de collecteur (la fente d'entrée de la chambre d'ions étant très fine et étroite).

(²) Vauthier, *J. Phys. Rad.*, 13, 1952, p. 107.

De plus, cette courbe montre que l'on a intérêt à choisir un point de fonctionnement tel que A ou B, voisin d'un maximum, et pour lequel i_c est insensible aux fluctuations du champ magnétique directeur.

2. *Étude de i_c en fonction de i_t* (H = const.) (³). — Nous avons construit le réseau des courbes $i_c = f(i_t)$ pour diverses valeurs de H (*fig.* 2), en particulier pour le cas très important H = 0. Dans ce dernier cas on constate que, i_t variant de 0 à 500 μA, i_c croît proportionnellement à i_t, ce qui est un critère de bon fonctionnement du système formant le faisceau d'électrons (pas d'effet de charge d'espace). Par contre, à partir de H = 45 Gs, les courbes présentent une concavité importante même pour les faibles intensités. L'écart avec la loi linéaire s'accentue pour H = 62 et 67 Gs (notons dans ces cas la sensibilité de la forme des courbes à la grandeur du champ : on peut supposer que ces écarts sont dus à des effets de charge d'espace qui, pour les faibles intensités sont probablement localisés au voisinage du filament, c'est-à-dire dans une zone où les électrons sont encore lents et les trajectoires très enroulées. Lorsque i_t devient notable, il est possible que des effets de charge d'espace se produisent alors dans les régions nodales mises en évidence dans la première partie.

Conséquence pratique. — Dans les spectromètres de masse, on s'efforce de stabiliser l'émission du filament en contrôlant sa température de fonctionnement; dans certains appareils c'est i_t que l'on s'efforce ainsi de maintenir constant, dans beaucoup d'autres c'est i_c que l'on stabilise à p % près par exemple. On espère ainsi assurer la constance de la densité électronique à p % près également, en tout point du faisceau. S'il n'y avait pas d'effet de charge d'espace, il suffirait pour y parvenir, de modifier i_t grâce au courant de chauffage de filament, proportionnellement à i_e, c'est-à-dire de p %.

En fait, si nous choisissons le point de fonctionnement en M sur la courbe H = 67 Gs, pour obtenir une variation déterminée de i_c, il serait nécessaire de faire varier i_t de façon telle que :

$$\frac{\Delta i_t}{\Delta i_c} = \frac{\text{Pente de la droite OM}}{\text{Pente de la courbe au point M}}.$$

Sur le graphique on trouve que ce rapport, au point M choisi, est supérieur à 5. Pour limiter à p % les fluctuations de i_c il faudra admettre, *pour i_t, des variations cinq fois plus grandes.* Dans la pratique, la situation sera en général meilleure que dans ce cas particulièrement défavorable.

On ne perdra cependant pas de vue que la fente de collecteur n'est pas

---

(³) Dans cette deuxième partie, le canon à électrons était différent du précédent (pas d'électrode de « Wehnelt ». On ne cherchera donc pas à établir une correspondance quantitative entre les deux courbes.

située dans une zone spécialement remarquable du faisceau et qu'il existe probablement dans celui-ci d'autres régions à l'intérieur de la source d'ions où les fluctuations de la densité de courant peuvent être nettement plus grandes que celles de i_c.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur quelques caractéristiques de la détonation du dinitrotoluène en cartouches cylindriques.* Note de M. **Louis Médard**, transmise par M. Paul Pascal.

Les vitesses de détonation du dinitrotoluène en cylindres de 60 et de 100 mm de diamètre sont des fonctions croissantes de la densité de chargement; ces deux fonctions, de valeurs assez différentes aux faibles densités, tendent vers la même limite 5 900 m/s pour la densité maxima, 1,52 g/cm³, du corps.

Quelques caractères de la détonation du dinitrotoluène mis sous forme de cartouches cylindriques de 30 mm de diamètre, ont été publiées (1) en 1952 : les cartouches nues ou à enveloppe peu résistante ne peuvent pas être le siège d'une détonation stable; mais lorsque le dinitrotoluène est logé dans un tube d'acier de 3 mm d'épaisseur, il est apte à subir une détonation stable : à la densité de 1,10 g/cm³, la vitesse de détonation avait été trouvée égale à 3 850 m/s.

Récemment Cook et Partridge (2) ont publié les résultats de leurs expériences sur la détonation du même dérivé nitré, à la densité de 0,95 g/cm³, logé dans des cartouches de très faible résistance (papier enroulé, d'une épaisseur totale égale à 1 mm) et de diamètres variés; en expérimentant avec un produit en grains de dimensions comprises entre 0,14 et 0,21 mm, ils ont trouvé, qu'aux diamètres égaux ou supérieurs à 5,04 cm, on obtient régulièrement une détonation stable, la vitesse étant 2 550 m/s; cette vitesse croît avec le diamètre pour atteindre 4100 m/s quand le diamètre est 25 cm.

Les expériences (3) que nous avons poursuivies depuis 1952, nous ont donné des résultats qui sont pour la plupart en bon accord avec ceux de Cook et Partridge, et qui permettent de soumettre à une vérification plus serrée la théorie de la détonation. Voici un résumé de ces résultats.

Avec un échantillon (échantillon A) de dinitrotoluène (qualité technique de point de solidification égal à 68,3° C) dont les grains se répartissent en proportions sensiblement égales dans les trois intervalles : 0,12, 0,25, 0,50, 1 mm. les vitesses de détonation D, mesurées par la méthode de Dautriche

(1) L. Médard, *Mém. Poudres*, 34, 1952, p. 99.
(2) M. A. Cook et W. S. Partridge, *J. Phys. Chem.*, 59, 1955, p. 673.
(3) Le détail de ces expériences paraîtra dans un autre périodique.

(précision 1 à 2 %) ont été trouvées égales aux valeurs suivantes, en fonction de la densité Δ.

		0,95.	1,10.	1,273.	1,32.	1,42.	1,46.	1,48.
Δ (g/cm³)								
D (m/sec) Échantillon A.	Diamètre 60 mm	2 600	3 215	4 700	–	5 616	–	5 820
	Diamètre 100 mm	3 390	4 290	–	5 200	–	5 735	5 810

On constate que la différence entre les vitesses, dans les cylindres de 100 mm et dans ceux de 60 mm, diminue quand la densité croît, et devient de l'ordre des erreurs de mesure sur D, quand la densité dépasse 1,45 g/cm³; les courbes (D, Δ) ne sont pas rectilignes; mais on peut facilement extrapoler pour Δ = 1,52 (valeur maxima de la densité du dinitrotoluène) la courbe de la vitesse, ce qui donne 5 900 m/s, aussi bien pour le diamètre 60 mm que pour le diamètre 100 mm; cette valeur serait donc la vitesse de détonation « idéale » (relative à un diamètre infini); elle dépasse notablement la valeur que l'on calcule (5 305 m/s) au moyen de la formule des auteurs américains (¹).

Il est remarquable de voir à quel point l'influence de la granulométrie de l'explosif sur sa vitesse de détonation permanente dépend elle-même de la densité de chargement; presque insignifiante aux densités supérieures à 1,45 g/cm³, elle devient considérable vers Δ = 1 g/cm³. C'est ainsi qu'un échantillon B comprenant 60 % de grains compris entre 0,5 et 1 mm et 40 % de grains répartis entre 0,05 et 0,5 mm, nous a donné au diamètre de 60 mm les vitesses suivantes, que nous rapprochons de celles qu'aurait donné, aux mêmes densités, l'échantillon A.

Densité (g/cm³)		1,345.	1,385.	1,488.
Vitesse de détonation (m/s).	B	4 710	5 120	5 860
	A	5 200	5 450	5 880

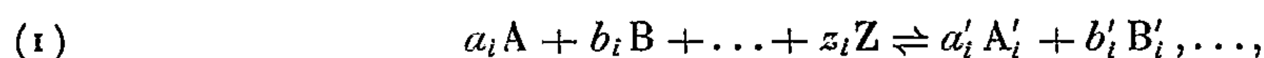
Cet échantillon B, en grains plus gros que A, ne peut plus subir la détonation permanente, au diamètre de 60 mm, quand sa densité est inférieure à 1,3 g/cm³.

ÉLECTROCHIMIE. — *Contribution à l'étude potentiométrique des équilibres complexes. I. Surface potentiométrique.* Note (*) de M. **Jean Lefebvre**, présentée par M. Georges Chaudron.

Les courbes de titrage, grâce à l'utilisation de la surface potentiométrique, permettent de déterminer facilement et avec un minimum de mesures, non seulement le nombre de particules en solution N (¹), mais encore la concentration de chacun des composants.

(*) Séance du 10 octobre 1955.

(¹) Cf. *Cryoscopie :* Bye, *Comptes rendus*, 221, 1945, p. 99; *Ann. Chim.*, 20, 1945, p. 403; *Bull. Soc. Chim. Fr.*, 1952, p. 1075; Souchay et Teyssèdre, *Bull. Soc. Chim. Fr.*, 1951, p. 938.



Si, dans une solution aqueuse de volume V, on mélange un nombre quelconque de composants (a moles de A, b moles de B, ..., x moles de Z) réagissant suivant un nombre quelconque de réactions équilibrées

$$(1)\qquad a_i\mathrm{A} + b_i\mathrm{B} + \ldots + z_i\mathrm{Z} \rightleftharpoons a'_i\mathrm{A}'_i + b'_i\mathrm{B}'_i, \ldots,$$

en milieu homogène ou non, et que l'on sache mesurer la concentration de l'un des composants, par exemple (Z), on peut déduire la concentration des autres composants, A, B, etc., par l'étude de la variation de la surface potentiométrique $\mathrm{S} = \int p\mathrm{Z}\,dx$ en fonction de la concentration initiale des composants.

En effet, si le mélange est suffisamment dilué, et réalisé dans une solution concentrée d'électrolyte indifférent, de manière à stabiliser les coefficients d'activité, on peut appliquer la loi d'action de masses aux équilibres (1), ce qui fournit un groupe d'équations du type

$$(2)\qquad (\mathrm{A}'_i)^{a'_i}(\mathrm{B}'_i)^{b'_i}\ldots = k_i(\mathrm{A})^{a_i}(\mathrm{B})^{b_i}\ldots(\mathrm{Z})^{z_i}.$$

Comme les concentrations figurant au premier membre sont obligatoirement liées par la relation :

$$\frac{(\mathrm{A}'_i)}{a'_i} = \frac{(\mathrm{B}'_i)}{b'_i} = \ldots = \mathrm{P}_i,$$

on obtient par différentiation logarithmique de (2) :

$$(a'_i + b'_i\ldots)\,d\log\mathrm{P}_i = a_i\,d\log(\mathrm{A}) + b_i\,d\log(\mathrm{B})\ldots + z_i\,d\log(\mathrm{Z})$$

ou

$$(3)\qquad d[(\mathrm{A}'_i) + (\mathrm{B}'_i)\ldots] = a_i\mathrm{P}_i\,d\log(\mathrm{A}) + b_i\mathrm{P}_i\,d\log(\mathrm{B})\ldots + z_i\mathrm{P}_i\,d\log(\mathrm{Z})$$

ce qui, étendu à toutes les réactions possibles du type (1), donne

$$(4)\qquad d[\Sigma(\mathrm{A}'_i) + \Sigma(\mathrm{B}'_i)\ldots] = \Sigma a_i\mathrm{P}_i\,d\log(\mathrm{A}) + \Sigma b_i\mathrm{P}_i\,d\log(\mathrm{B})\ldots + \Sigma z_i\mathrm{P}_i\,d\log(\mathrm{Z}).$$

Tenant compte des équations qui expriment la conservation des masses :

$$(\mathrm{A}) + \Sigma a_i\mathrm{P}_i = \frac{a}{\mathrm{V}},\qquad (\mathrm{B}) + \Sigma b_i\mathrm{P}_i = \frac{b}{\mathrm{V}},\qquad \ldots,\qquad (\mathrm{Z}) + \Sigma z_i\mathrm{P}_i = \frac{x}{\mathrm{V}},$$

et désignant par N le nombre de moles en solution :

$$\frac{\mathrm{N}}{\mathrm{V}} = \Sigma(\mathrm{A}'_i) + \Sigma(\mathrm{B}'_i)\ldots + (\mathrm{A}) + (\mathrm{B})\ldots + (\mathrm{Z}),$$

(4) s'écrit

$$\mathrm{V}\,d\left(\frac{\mathrm{N}}{\mathrm{V}}\right) = a\,d\log(\mathrm{A}) + b\,d\log(\mathrm{B})\ldots + x\,d\log(\mathrm{Z})$$

qu'on peut mettre, pour faire intervenir les variations de V, a, b, ..., x, sous la forme

$$(5)\qquad d[a\,p\mathrm{A} + b\,p\mathrm{B}\ldots + x\,p\mathrm{Z} + 0{,}43\,\mathrm{N}] = p\mathrm{A}\,da + p\mathrm{B}\,db\ldots + p\mathrm{Z}\,dx + \mathrm{N}\,d\log\mathrm{V},$$

où $p\mathrm{A} = -\log(\mathrm{A})$ et 0,43, facteur de transformation des logarithmes.

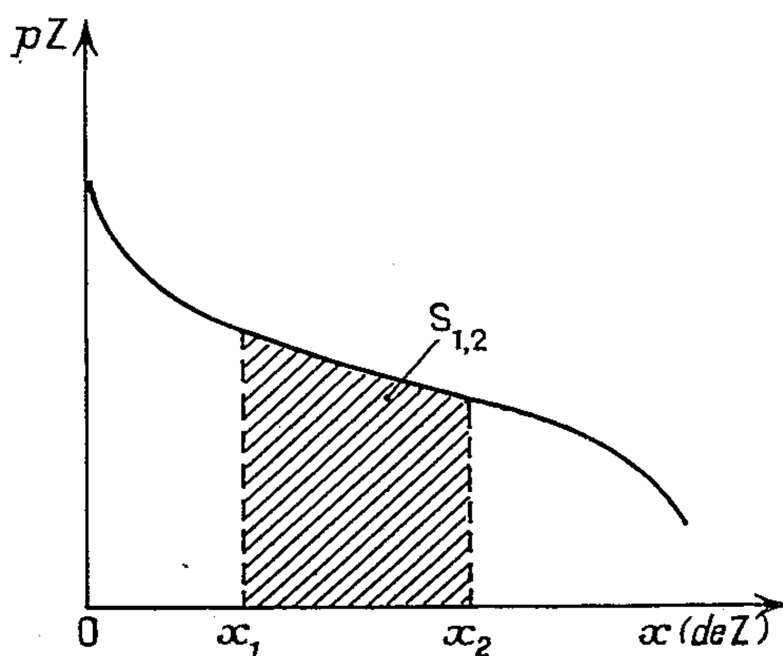
Cette relation permet de calculer la surface $S_{1,2}$ limitée par une courbe de titrage $pZ = f(x)$ (V, a, b, ..., constants), (voir *figure*) l'axe des x et les deux parallèles $x = x_1$ et $x = x_2$. On a en effet, d'après (5) :

$$pZ\,dx = d[a\,pA + b\,pB\ldots + x\,pZ + 0{,}43\,N],$$

d'où

(I) $$S_{1,2} = [apA + bpB + \ldots + xpZ + 0{,}43\,N]_{x_1}^{x_2}.$$

Pour savoir comment varie cette surface lorsque l'on fait varier isolément, soit la dilution totale V, soit les quantités initiales a, b, ... de A, B, ... il



suffit de calculer les dérivées partielles de $S_{1,2}$ par rapport à ces variables. Par différentiation de (I), les limites x_1 et x_2 étant maintenues fixes, on obtient immédiatement d'après (5) :

$$dS_{1,2} = [pA\,da + pB\,db + \ldots + N\,d\log V]_{x_1}^{x_2}$$

ou

$$dS_{1,2} = \log\frac{(A_1)}{(A_2)}\,da + \log\frac{(B_1)}{(B_2)}\,db + \ldots + (N_2 - N_1)\,d\log V,$$

les indices 1 et 2 signifiant que les valeurs de N, (A), (B), ... sont relatives aux points d'abscisses fixes x_1 et x_2.

On en déduit immédiatement les dérivées partielles :

1° par rapport à la dilution de chaque composant initial :

(II) $$\frac{\partial S_{1,2}}{\partial a} = \log\frac{(A_1)}{(A_2)},$$

(II') $$\frac{\partial S_{1,2}}{\partial b} = \log\frac{(B_1)}{(B_2)}\ldots;$$

2° par rapport à la dilution totale :

(III) $$\frac{\partial S_{1,2}}{\partial \log V} = N_2 - N_1.$$

Les concentrations (A), (B), ... s'expriment ainsi très simplement en fonction de la surface potentiométrique $S_{1,2}$ et de ses dérivées partielles. Donc, par des mesures systématiques, il est possible de connaître *à tout moment* la concentration des produits de départ, ce qui peut être intéressant lorsque les électrodes par rapport à ces ions ne peuvent être utilisées directement, soit parce que non réversibles (cas de nombreuses électrodes métalliques), soit parce que difficiles à imaginer comme c'est le cas de nombreuses électrodes à anions (tartrates, borates).

Dans le cas particulier fréquent de deux composants (par exemple A et H^+), on choisit comme limite $x_1 = 0$ où l'on a $(A_0) = a/V$ et $N_0 = a$, si en ce point il n'y a pas condensation, et si l'hydrolyse est négligeable. Les formules générales deviennent :

$$\text{(I)} \qquad S_{0,x} = x\text{pH} - a\log\frac{V}{a}(A) + 0,43(N - a) \quad (^2),$$

$$\text{(II)} \qquad \frac{\partial S_{0,x}}{\partial a} = -\log\frac{V}{a}(A),$$

$$\text{(III)} \qquad \frac{\partial S_{0,x}}{\partial \log V} = N - a.$$

Dans la pratique on peut se contenter d'utiliser (I) et (III) qui permettent de connaître (A) et N.

Lorsqu'il y a plus de deux composants A, B, ..., Z, on pourra encore choisir comme limite $x_1 = 0$, si les différents composants ne se combinent pas en l'absence de Z. Sinon, il est toujours possible de choisir un état connu du système comme origine. Nous en donnerons prochainement des exemples.

MÉTALLOGRAPHIE. — *Étude des alliages étain-antimoniure d'indium.* Note (*) de MM. **Pierre Baruch** et **Michel Desse**, présentée par M. Georges Chaudron.

On a recherché si l'étain et l'antimoniure d'indium pouvaient fournir des cristaux mixtes, cristallisant dans le système du diamant. Ce résultat n'a pu être atteint, InSb et Sn sont non miscibles en phase solide; le diagramme d'équilibre a été tracé; on trouve un eutectique à 230° C, pour 34 % Sn, 66 % InSb (en pourcentage atomique). Une transformation en phase solide a été décelée à 212° C, sa nature en est encore inconnue.

Dans le cours d'une étude sur les composés intermétalliques semi-conducteurs, nous avons été conduits à étudier le système InSb-Sn. En effet, InSb cristallise

(2) Dans ce cas particulier, cette formule est très voisine de celle établie par Bye (*Comptes rendus*, 238, 1954, p. 239), donc antérieure à notre Note, mais postérieure à notre pli cacheté du 24 août 1953.

(*) Séance du 10 octobre 1954.

dans le système cubique avec le réseau de la blende (ZnS) et l'étain, sous sa forme α (étain gris), cristallise avec le réseau du diamant. Dans les deux cas, on a des valeurs très voisines du paramètre.

$$a_{\underset{(25^\circ C)}{InSb}} = 6,4760 \text{ Å} \quad (^1),$$
$$a_{\underset{(25^\circ C)}{Sn_\alpha}} = 6,4912 \text{ Å} \quad (^2).$$

Géométriquement les deux réseaux sont donc pratiquement identiques à la nature des atomes près et InSb et Snα ont des propriétés semblables : ce sont tous les deux des semi-conducteurs, avec des valeurs très voisines de l'énergie d'activation, etc. Étant donné, d'autre part, que l'étain α a des propriétés intermédiaires (valence, rayon atomique) entre l'indium et l'antimoine, on peut supposer qu'il existe des solutions solides InSb-Sn, cristallisant avec le réseau du diamant, ou avec un réseau se déduisant de celui-ci par substitution d'atomes. Les mêmes remarques s'appliqueraient aussi au système GaAs-Ge. Pour des raisons expérimentales, nous avons débuté par l'étude du système InSb-Sn.

1° Les premières observations ont montré qu'on pouvait considérer le système InSb-Sn, comme pseudobinaire. En effet, les diagrammes de rayons X, ainsi que des observations microscopiques n'ont jamais mis en évidence que deux phases : l'une, identifiable à InSb, ou à Snα (cubique) ou une solution solide de ceux-ci, l'autre à Snβ (tétragonal) ou une solution de InSb dans celui-ci.

Ceci, joint à la remarquable stabilité de InSb, nous a fait supposer qu'on pouvait, dans le diagramme ternaire In-Sb-Sn, considérer la section InSb-Sn, comme un système pseudobinaire.

2° L'étude détaillée du diagramme thermique a été entreprise. Les produits de départ, de pureté supérieure à 99,5 %, ont été, après pesée, fondus dans un creuset en silice fondue, sous atmosphère protectrice d'hydrogène. Les courbes de refroidissement et de réchauffement ont été enregistrées à 2° C près, par une méthode différentielle, grâce à un appareil qui sera décrit par ailleurs.

Chaque lingot, après traitement thermique, a été étudié aux rayons X et au microscope.

3° L'application de ces méthodes a montré que InSb et Sn n'étaient pas miscibles en phase solide, mais formaient un eutectique à $(230 \pm 2)°$C, pour une composition en pourcentage atomique de :

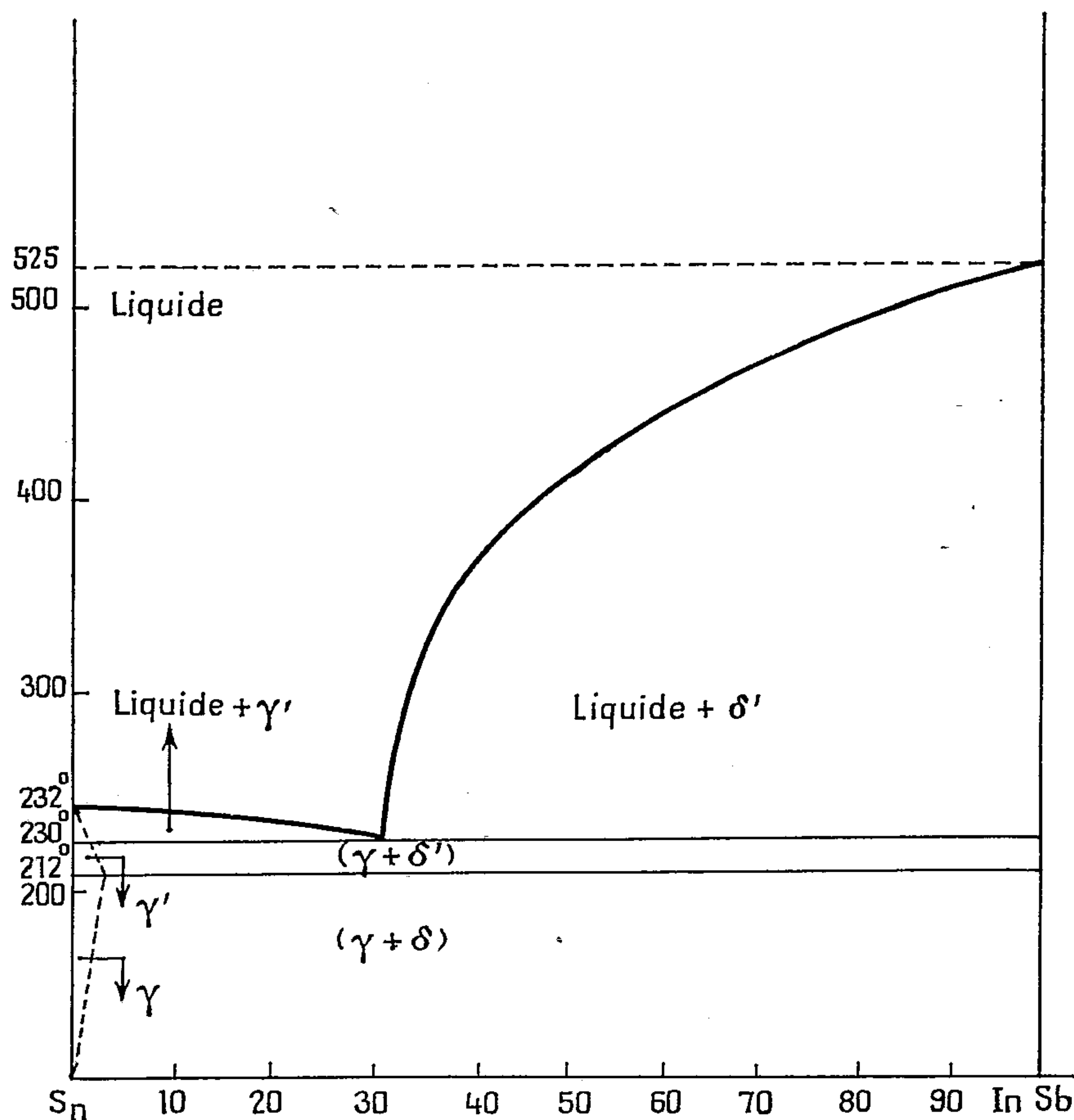
Sn....... 34 %
In....... 33 % } soit InSb : 66 %.
Sb....... 33 % }

La solution terminale du côté de l'étain pur (phase γ) a été observée aux

(¹) T. S. Liu et E. A. Peretti, *Trans. Amer. Soc. Metals*, 44, 1952, p. 539.
(²) L. D. Brownlee, *Nature*, 166, 1950, p. 482.

rayons X : on met en évidence une légère solubilité de InSb dans Sn (2 % au maximum). La solubilité de Sn dans InSb (phase δ) n'a pu être observée.

En plus, une transformation en phase solide $(\gamma + \delta)' \rightarrow (\gamma + \delta)$ se remarque sur toute l'étendue du diagramme, à une température de 212°C. Elle est mise en évidence par un crochet très marqué des courbes d'analyse thermique et disparaît pour chacun des corps purs. La nature de cette transformation n'a pu être précisée; malgré des essais de trempe, aucune modification structurale n'est apparue sur les diagrammes de rayons X.



Le diagramme complet, tel que nous le proposons, est présenté dans la figure 1, les régions terminales sont laissées en pointillé, dans l'ignorance où nous sommes de leur configuration précise.

4° L'absence de solubilité étendue, en phase solide, de InSb et Sn est à rapprocher des résultats signalés récemment (³) sur les cristaux mixtes des

(³) L. Shih et E. A. Peretti, *J. Amer. Ch. Soc.*, 75, 1953, p. 608; W. Koster, et B. Thoma, *Z. Metallkunde*, 46, 1955, p. 293; O. G. Folberth, *Z. Naturforschung*, 10 *a*, 1955, p. 502.

composés de type $A^{III}B^{V}$; si les composés, tels que In As et In P, ayant l'élément III commun, donnent une solution solide continue, les composés ayant l'élément V commun, tels que In Sb et Ga Sb, sont immiscibles en phase solide.

Nous nous proposons d'étudier les alliages Ga As-Ge, théoriquement plus simples car, dans le cas que nous avons étudié, le phénomène est compliqué par l'allotropie de l'étain, la phase β, tétragonale, très différente de In Sb étant seule stable dans les conditions où nous avons opéré.

MÉTALLOGRAPHIE. — *Sur la préparation de gros cristaux d'uranium par changement de phase.* Note de M. **Pierre Lehr**, présentée par M. Georges Chaudron.

Nous nous sommes proposé de préparer des monocristaux d'uranium par la méthode de changement de phase et nous avons étudié, par les rayons X, leur orientation et leur degré de perfection.

Nous avons cherché à préparer des monocristaux d'uranium α orthorhombique dans le but de déterminer les valeurs des coefficients de dilatation suivant les trois axes cristallographiques. La méthode que nous avons adoptée est celle du changement de phase, qui avait déjà été utilisée par R. W. Cahn [1], mais les cristaux obtenus étaient très imparfaits. Nous avons tenté de mieux définir les conditions dans lesquelles on pouvait les obtenir. Nous avons également étudié leur degré de perfection.

Les dimensions de nos éprouvettes étaient : longueur 50 mm, section 4 mm sur 3 mm. Elles progressent à vitesse lente dans un four qui présente un gradient de température longitudinal. Les vitesses de déplacement étaient inférieures à 3 mm/h. Contrairement à Cahn, qui utilisait un gradient de température élevé, nous avons, au cours de nos expériences, diminué au maximum ce gradient afin d'éviter, dans la zone de transformation $\beta \rightarrow \alpha$, des tensions trop importantes.

Les éprouvettes ainsi traitées étaient constituées de gros cristaux allongés dans le sens du gradient de température. Un certain nombre de nos éprouvettes étaient monocristallines. Ces monocristaux étaient subdivisés en petites cellules allongées dans le sens du gradient de température. Une attaque macrographique permet de les mettre en évidence. Par contre, les désorientations intercellulaires sont généralement insuffisantes pour être appréciables par observation du métal en lumière polarisée. L'existence de cette sous-structure est surtout révélée par les diagrammes de Laue en retour. Suivant l'importance des désorientations dans la région

(1) *Acta Metallurgica*, 1, 1953, p. 176.

irradiée, les taches de Laue sont étirées, striées ou subdivisées en taches élémentaires plus ou moins distinctes.

L'analyse des diagrammes montre que les orientations des cellules adjacentes se déduisent généralement les unes des autres par rotation de 1 à plusieurs degrés autour d'un axe parallèle à la direction de croissance des cristaux. L'orientation moyenne se conserve tout au long du monocristal avec des désorientations locales plus ou moins importantes. Pour les différentes cellules constituant le cristal, le même axe cristallographique reste parallèle à la direction de croissance, à une approximation de $\pm 2^{\circ}$.

Il convient de remarquer enfin que les cristaux préparés présentaient des orientations variées, c'est-à-dire que l'axe cristallographique, parallèle à la direction de croissance, peut être quelconque. Ce fait est confirmé par les dilatométries effectuées suivant cette direction.

La même méthode appliquée au fer, au cours de la transformation $\gamma \rightarrow \alpha$, nous a donné des gros cristaux de fer présentant des imperfections du même type que celles observées sur l'uranium. L'existence d'une structure fibreuse se retrouve, mais avec des désorientations nettement plus faibles, que dans le cas de l'uranium.

CHIMIE GÉNÉRALE. — *Sur le système ternaire chlorure mercurique-eau-dioxanne.* Note (*) de MM. **Pierre Laurent**, **Paul Hagenmuller** et **Dang-Quoc-Quan**, transmise par M. Louis Hackspill.

Une étude du diagramme d'équilibre ternaire chlorure mercurique-eau-dioxanne permet d'identifier trois phases solides : $HgCl_2$, $HgCl_2$; $C_4H_8O_2$; et $HgCl_2$, $2C_4H_8O_2$. La solubilité et la stabilité des dioxannates obtenues sont déterminées.

Divers auteurs ont signalé l'existence de composés d'addition du chlorure mercurique avec des dérivés organiques, en particulier le dioxanne. Peterno et Spalino ([1]), Rheinboldt ([2]), Grenshaw ([3]), par introduction de dioxanne dans une solution aqueuse de chlorure mercurique ou par refroidissement de solutions saturées exemptes d'eau, font cristalliser un dioxannate de formule $HgCl_2$, $C_4H_8O_2$. Brand et Turck ([4]), recourant à cette dernière méthode obtiennent un dérivé $HgCl_2$, $2C_4H_8O_2$. Un travail d'ensemble semblait faire défaut.

(*) Séance du 3 octobre 1955.

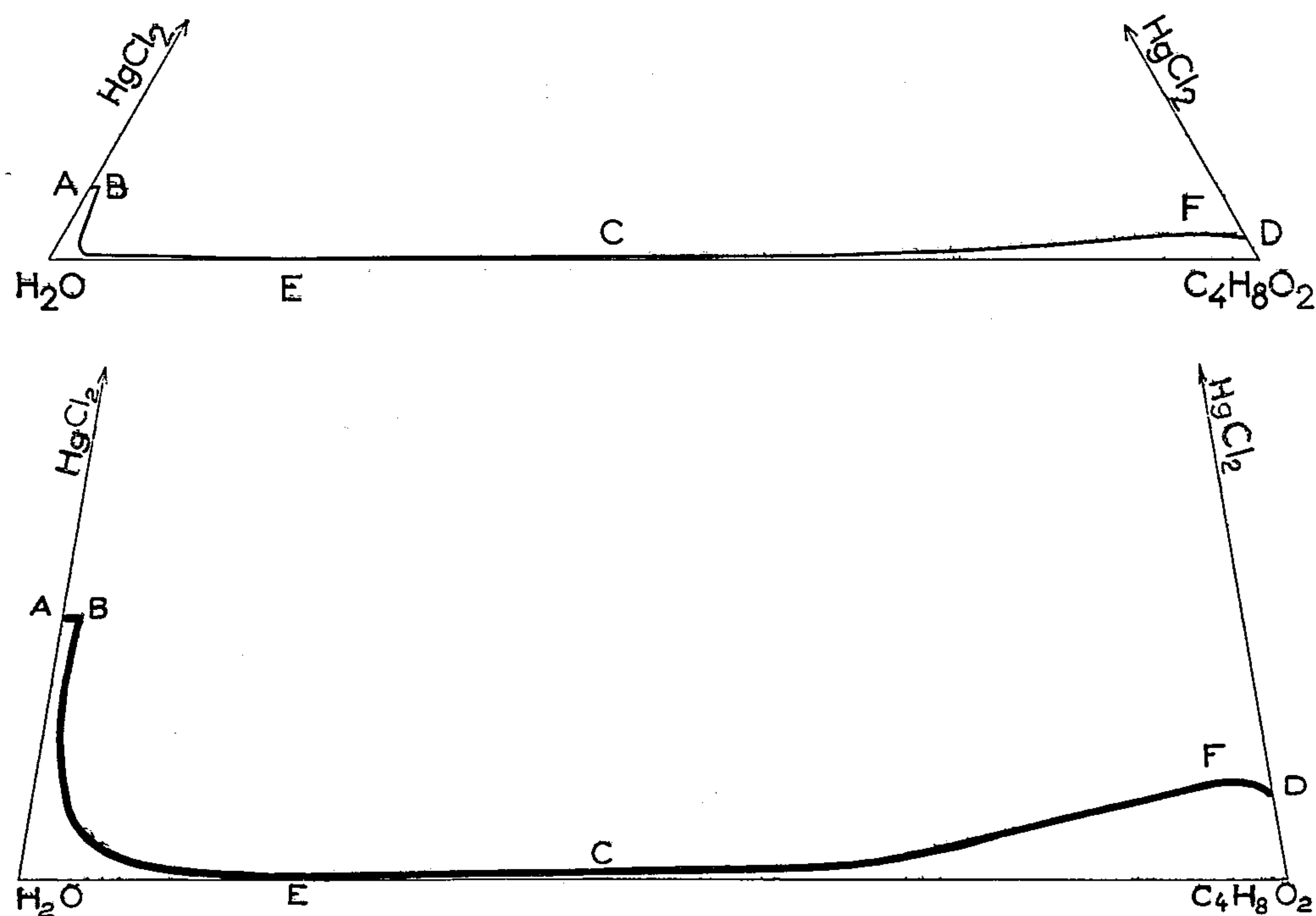
([1]) *Atti Accad. Lincei*, 16 (1), p. 87-92.

([2]) *Prakt. chem.*, 149, 1937, p. 30-54.

([3]) *J. Amer. chem. soc.*, 60, 1938, p. 2308-2311.

([4]) *Pharm. Zentr.*, 77, 1936, p. 591-593.

L'étude des équilibres du système ternaire chlorure mercurique-eau-dioxanne à 25° nous a permis d'identifier trois phases solides : le chlorure mercurique non solvaté, le monodioxannate et le didioxannate (*figure*). Les domaines d'existence des deux dernières phases prises isolément en présence de leur solution saturée sont les plus étendus. Les mixtes chlorure mercurique-solution saturée n'ont qu'un champ d'existence très limité : il suffit d'une faible addition de dioxanne à une solution saturée de chlorure mercurique en présence de corps de fond pour entraîner la formation de monodioxannate.



Les points A, B, C et D correspondant soit à un mélange binaire, soit à une double saturation répondent respectivement aux compositions :

	$HgCl_2$ (g %).	$C_4H_8O_2$ (g %).	H_2O (g %).	Phases solides.
A.........	6,9	0	93,1	$HgCl_2$
B.........	6,9	0,7	92,4	$HgCl_2$ + $HgCl_2$, $C_4H_8O_2$
C.........	0,15	46,3	53,55	$HgCl_2$, $C_4H_8O_2$ + $HgCl_2$, $2C_4H_8O_2$
D	2,2	97,8	0	$HgCl_2$, $2C_4H_8O_2$

La solubilité du monodioxannate rapportée aux mélanges binaires eau-dioxanne correspondants présente un minimum E, celle du didioxannate un maximum F, de titres respectifs :

	$HgCl_2$ (g %).	$C_4H_8O_2$ (g %).	H_2O (g %).
E.........	0,08	20,5	79,4
F.........	2,55	94,6	2,85

Les courbes de densité ont une allure voisine de celle des courbes de solubilité.

Nous avons étudié le rapport $(d - d')/d$ faisant intervenir les masses spécifiques d et d' des solutions saturées et des mélanges binaires associés exempts de chlorure mercurique, en fonction des proportions relatives d'eau et de dioxanne; les cassures de la courbe représentative ont même abscisse que les points de double saturation.

Le mercure a été dosé par cyanoargentométrie, le chlore par argentométrie après précipitation alcaline du mercure, l'eau par le nitrure de magnésium ou la méthode de Karl Fischer. La détermination de la composition des phases solides est délicate et nécessite un grand soin : selon le mode de filtration, elles perdent une partie du dioxanne de cristallisation ou au contraire retiennent des résidus de solution. Nous les avons identifiées par la méthode des restes recoupée par des analyses aux rayons X.

Par élévation de température, les solubilités des trois phases augmentent. Les domaines d'existence de $HgCl_2$ et de $HgCl_2$, $C_4H_8O_2$ s'étendent au détriment de $HgCl_2$, $2C_4H_8O_2$.

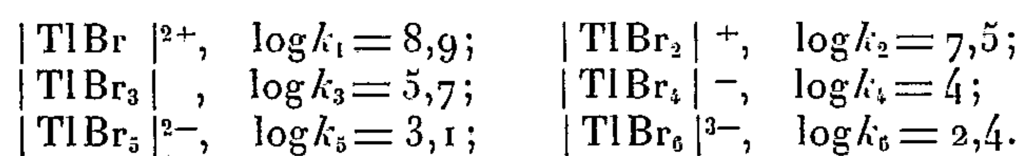
La stabilité à l'air du disolvate a été étudiée à partir du produit préparé en l'absence d'eau. Le composé obtenu est très instable : sa décomposition entraîne la formation de monodioxannate beaucoup plus stable.

La perte de poids en fonction du temps a une allure exponentielle. La vitesse de décomposition est étroitement liée à la grosseur des grains. L'une de nos expériences nous a donné des temps de demi-décomposition d'environ deux heures pour le didioxannate et 170 heures pour le monodioxannate.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur les complexes bromothalliques*. Note (*) de

Mmes **Dora Peschanski** et **Suzanne Valladas-Dubois**, présentée par M. Paul Pascal.

La méthode de la fonction de formation a permis d'identifier six complexes bromothalliques :



$|TlBr|^{2+}$, $\log k_1 = 8{,}9$; $|TlBr_2|^{+}$, $\log k_2 = 7{,}5$;
$|TlBr_3|$, $\log k_3 = 5{,}7$; $|TlBr_4|^{-}$, $\log k_4 = 4$;
$|TlBr_5|^{2-}$, $\log k_5 = 3{,}1$; $|TlBr_6|^{3-}$, $\log k_6 = 2{,}4$.

Ces résultats ont été confirmés par des mesures d'absorption lumineuse.

Les complexes halogénés du thallium trivalent ont été étudiés par différents auteurs, principalement à l'aide de mesures d'oxydo-réduction, toutefois leurs conclusions ne concordent pas (1).

(*) Séance du 10 octobre 1955.

(1) J. F. Spencer et R. Abegg, *Z. anorg. Chem.*, 44, 1905, p. 379; R. H. Hughes et G. S. Garner, *J. Amer. Chem. Soc.*, 64, 1942, p. 1644; R. Benoit, *Bull. Soc. Chim.*, 16, 1949, p. 518; thèse 1951; G. Harbottle et R. W. Dodson, *J. Amer. Chem. Soc.*, 70, 1948, p. 880.

Aussi nous a-t-il paru intéressant de reprendre l'étude des complexes bromothalliques, en faisant appel à d'autres méthodes d'investigation physicochimiques.

La méthode des variations continues, appliquée à l'absorption lumineuse de solutions équimoléculaires, ainsi que l'ampérométrie, ont mis en évidence l'existence de plusieurs complexes du thallium trivalent en milieu bromhydrique. Pour essayer d'identifier ces différents complexes, il nous a paru opportun de faire appel à la méthode de la fonction de formation $[\bar{n}=(Br_t - Br^-)/Tl^{III}]=f[p(Br^-)]$ ([2]) ($\bar{n}$, nombre moyen d'ions Br^- associés en complexe à 1 atome de Tl^{III}).

Dans ce but, nous avons mesuré l'activité de Br^- libre dans 32 mélanges de $(ClO_4)_3Tl$ et de BrNa, le rapport Br/Tl variant de 0,256 à 41 et la teneur en $(ClO_4)_3Tl$ restant fixe et égale à $1,82.10^{-3}$ M dans chaque mélange.

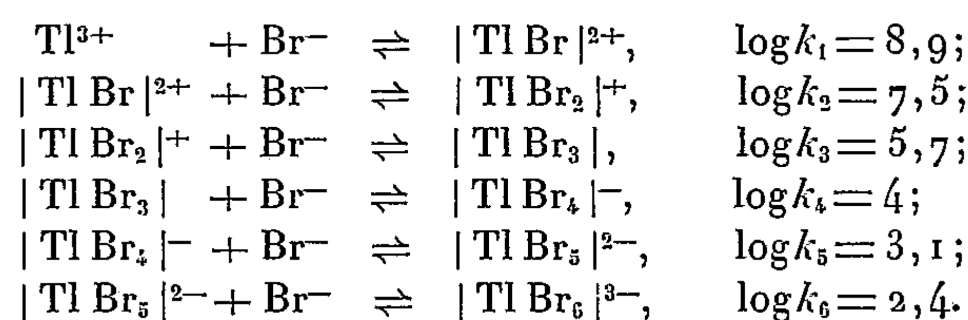
Nous avons effectué d'autre part des titrages de solutions de BrNa ($1,17.10^{-2}$ à 10^{-3} M) par $(ClO_4)_3Tl$.

Le perchlorate thallique a été préparé par oxydation à l'eau régale d'un sel thalleux ([3]). L'acidité des solutions a été maintenue constante et égale à 1 mol/l avec de l'acide perchlorique R. P., la force ionique des solutions étant ajustée à 1,2 avec du perchlorate de sodium.

La mesure de l'activité de Br^- libre a été faite à l'aide d'électrodes Ag—BrAg, préparées soit par fusion ([4]), soit par électrolyse ([5]).

En portant $\bar{n}$ en fonction de $p(Br^-)$, nous avons obtenu une courbe de formation qui tend vers $N=6$ (*fig.* 1) (N, nombre de coordination de Tl^{III}). Ce résultat nous a paru légitimer l'assimilation des activités de Br^- libre aux concentrations et nous a permis de déterminer les constantes de formation des 6 complexes successifs, par la méthode $k_n = 1/(Br^-)_{n=\bar{n}-1/2}$.

La courbe de formation s'interprète ainsi par les équilibres suivants :



$$Tl^{3+} + Br^- \rightleftharpoons |TlBr|^{2+}, \quad \log k_1 = 8,9;$$
$$|TlBr|^{2+} + Br^- \rightleftharpoons |TlBr_2|^{+}, \quad \log k_2 = 7,5;$$
$$|TlBr_2|^{+} + Br^- \rightleftharpoons |TlBr_3|, \quad \log k_3 = 5,7;$$
$$|TlBr_3| + Br^- \rightleftharpoons |TlBr_4|^{-}, \quad \log k_4 = 4;$$
$$|TlBr_4|^{-} + Br^- \rightleftharpoons |TlBr_5|^{2-}, \quad \log k_5 = 3,1;$$
$$|TlBr_5|^{2-} + Br^- \rightleftharpoons |TlBr_6|^{3-}, \quad \log k_6 = 2,4.$$

En reportant $k_1, k_2, \ldots, k_6$, dans l'équation de la fonction de formation

$$\bar{n} = \frac{k_1(Br^-) + 2k_1k_2(Br^-)^2 + \ldots + 6k_1k_2\ldots k_6(Br^-)^6}{1 + k_1(Br^-) + k_1k_2(Br^-)^2 + \ldots + k_1k_2\ldots k_6(Br^-)^6};$$

on retrouve les valeurs expérimentales.

([2]) J. Bjerrum, *Metal Ammine formation in aqueous solution*, Haase et Son, Copenhague, 1941.

([3]) D. Peschanski, *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 2077.

([4]) A. S. Keston, *J. Amer. Chem. Soc.*, 57, 1935, p. 1671.

([5]) A. S. Brown, *J. Amer. Chem. Soc.*, 56, 1934, p. 646.

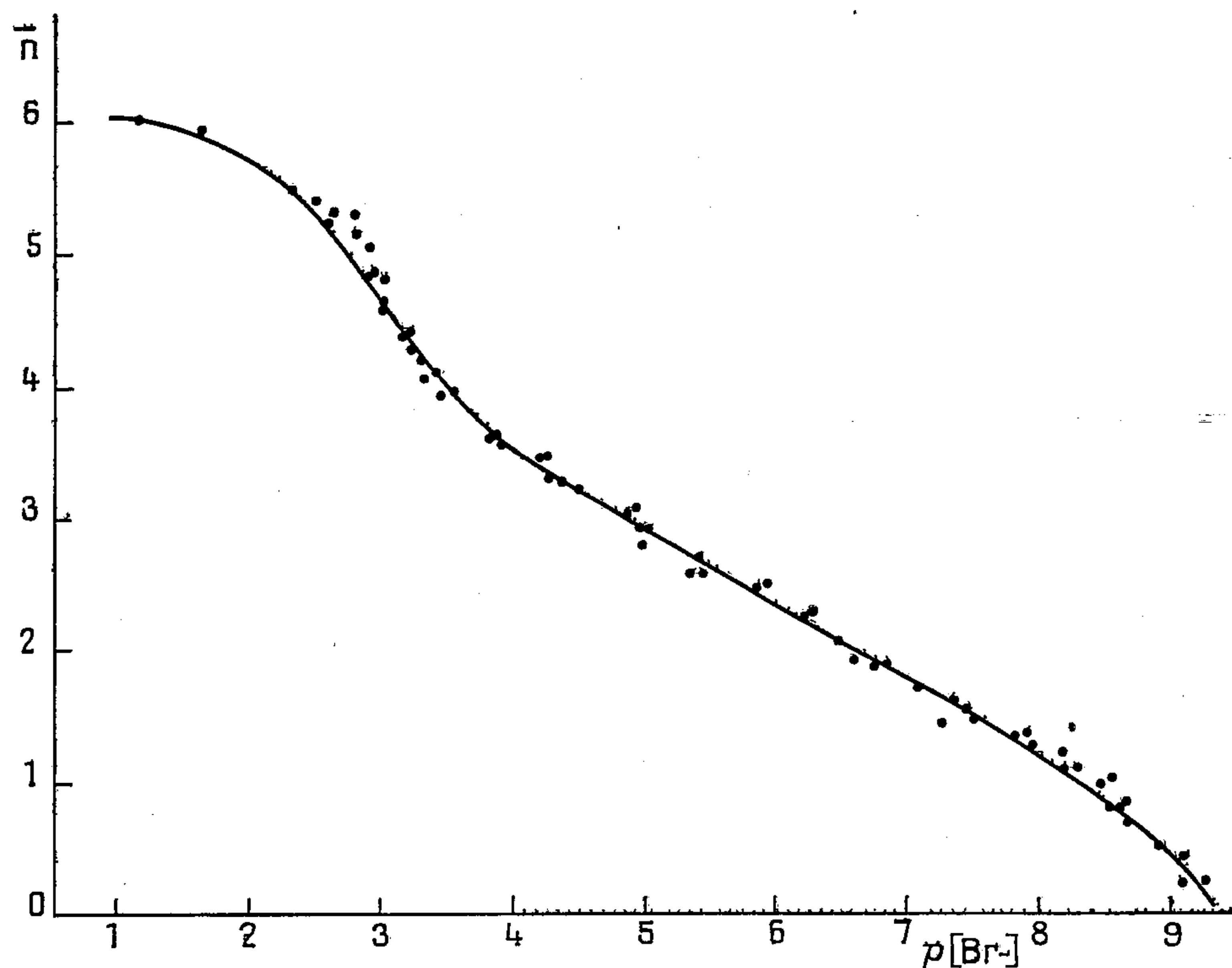


Fig. 1. — Courbe de formation $n = f[p(Br^-)]$.
.... résultats expérimentaux.

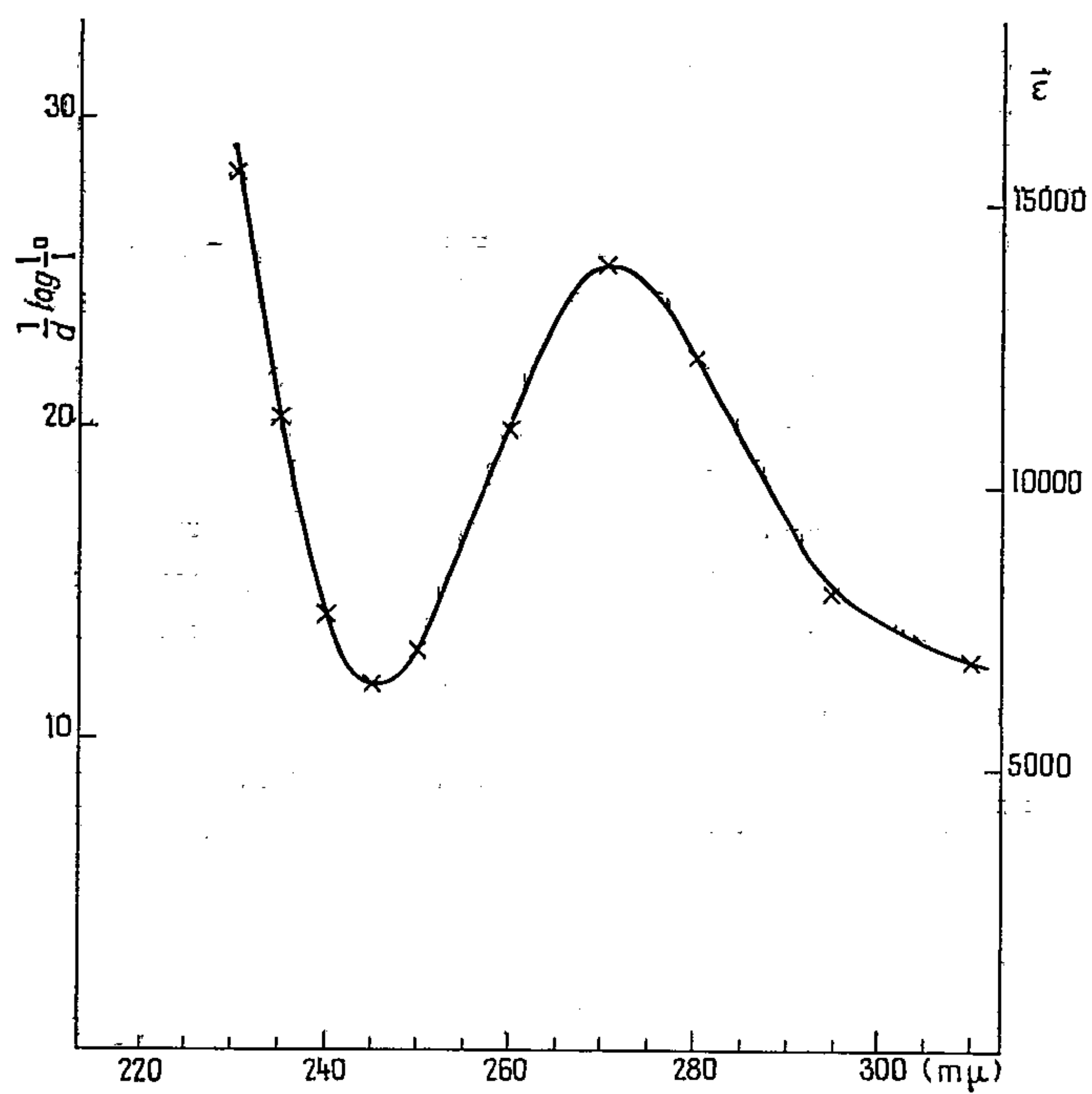


Fig. 2. — Spectre d'absorption du mélange : $C_{Tl^{III}} = 1,82.10^{-3}$ M, $C_{Br} = 8,57.10^{-3}$ M, $p(Br^-) = 3,144$.
×××× valeurs calculées.

D'autre part, nous avons mesuré l'absorption lumineuse de ces mêmes mélanges, ainsi que ε_0, coefficient d'extinction molaire de Tl^{III}. Après avoir calculé, à partir de la fonction de formation la proportion de Tl^{3+} libre et celle des six complexes, soit $\alpha_0, \alpha_1, \ldots, \alpha_6$, dans six mélanges différents, nous avons établi six équations linéaires à six inconnues du type

$$\bar{\varepsilon} = \alpha_0 \varepsilon_0 + \alpha_1 \varepsilon_1 + \ldots + \alpha_6 \varepsilon_6$$

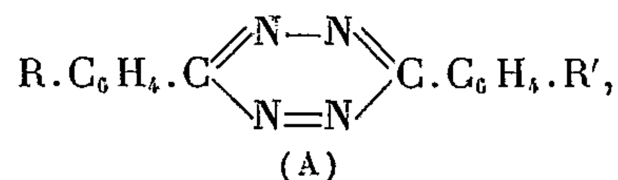
($\bar{\varepsilon}$ désignant le coefficient d'extinction molaire mesuré de chaque mélange).

La résolution de ce système a permis la détermination de $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \ldots, \varepsilon_6$.

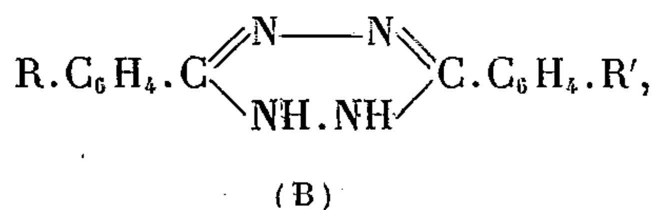
L'absorption lumineuse d'autres mélanges, calculée à l'aide des valeurs précédentes, concorde avec les résultats expérimentaux (*fig.* 2).

CHIMIE ORGANIQUE. — *Remarques sur l'absorption dans l'ultraviolet moyen et le visible de quelques tétrazines*-1.2.4.5, *dihydro*-1.2 *tétrazines*-1.2.4.5 *et triazoles*-1.3.4 *substitués*. Note (*) de M. **Panos Grammaticakis**, présentée par M. Marcel Delépine.

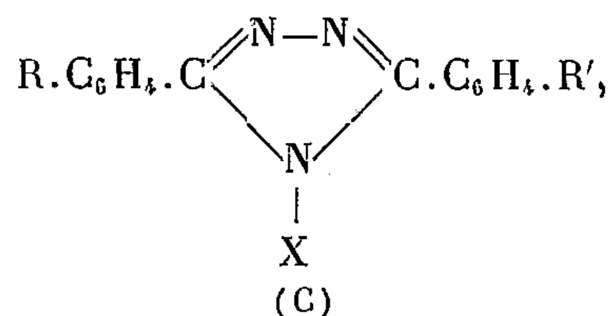
Au cours des recherches chimiques et spectrales sur les composés hétérocycliques polyazotés, j'ai été amené à étudier l'absorption de quelques tétrazines (A), dihydrotétrazines (B) et triazoles (C) substitués.



(A)



(B)



(C)

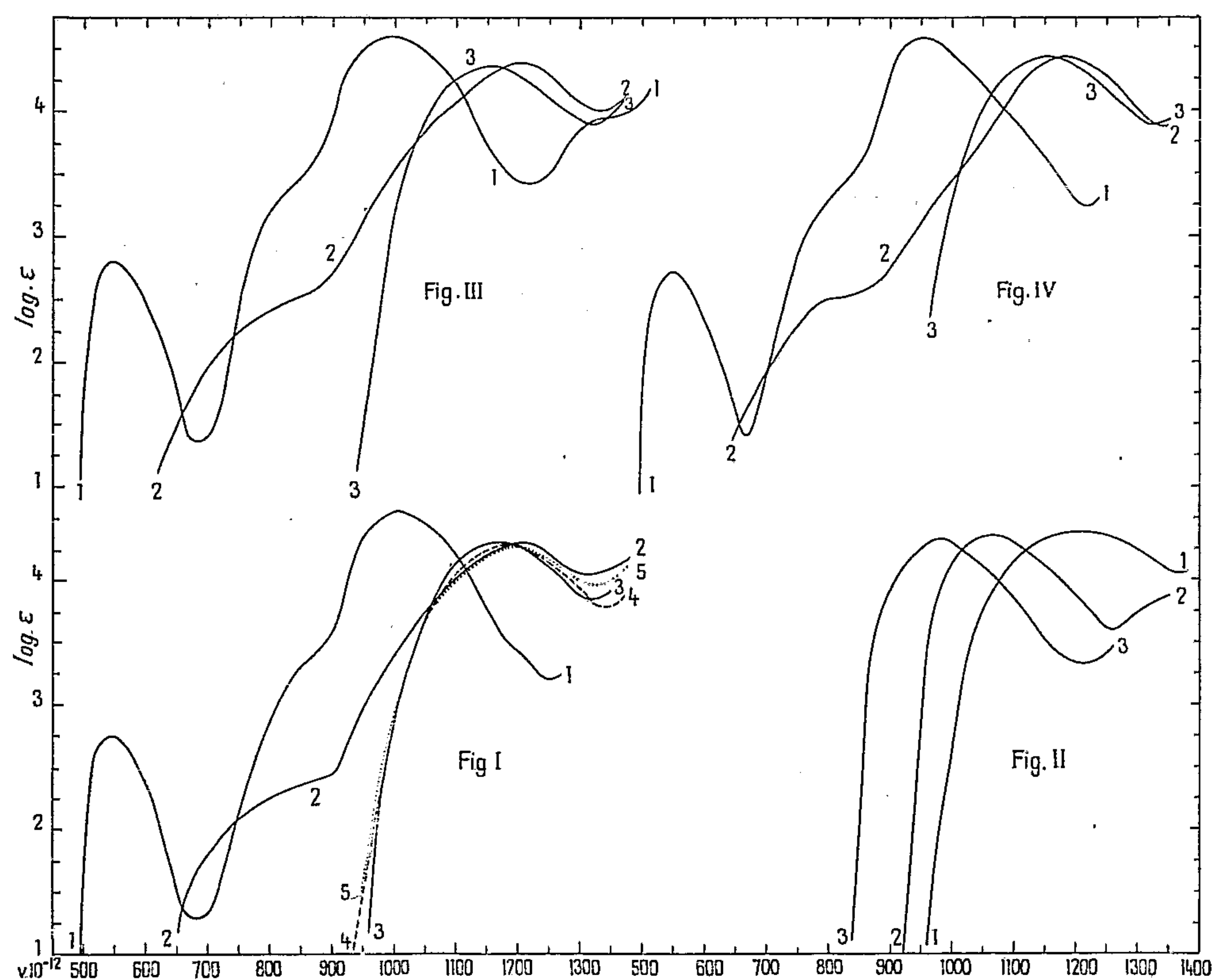
où R, R' = H, alcoyle, aryle, halogène, NO_2, NH_2, OH, etc.; X = H, alcoyle, aryle, NH_2 et ses dérivés.

La présente Note contient quelques résultats concernant plus spécialement l'absorption des composés suivants [R, R' = H, CH_3 — *m*, *p*; X = H, NH_2, $NH.CO.CH_3$, $N(CO.CH_3)_2$] : diphényl-3.6 tétrazine-1.2.4.5 [I, 1] (1),

(*) Séance du 10 octobre 1955.

(1) Les chiffres romains et arabes des parenthèses indiquent respectivement les numéros des figures et des courbes. Les mesures des substances étudiées ont été effectuées sur leurs solutions dans l'alcool à 95 %; les absorptions des solutions alcooliques et chloroformiques des diaryltétrazines étant voisines je donne ici seulement leur absorption dans le chloroforme.

diphényl-3.6 dihydro-1.2 tétrazine ([2]) [I, 2], diphényl-2.5 amino-1 triazole-1.3.4 [I, 3], diphényl-2.5 acétamino-1 triazole-1.3.4 [I, 4], diphényl-2.5 diacétamino-1 triazole-1.3.4 [I, 5], diphényl-2.5 triazole-1.3.4 [II, 1], diphényl-2.5 oxydiazole-1.3.4 [II, 2], diphényl-2.5 thiodiazole-1.3.4 [II, 3], di-*m*-tolyl-3.6 tétrazine-1.2.4.5 [III, 1], di-*m*-tolyl-3.6 dihydro-1.2 tétrazine-1.2.4.5 [III, 2], di-*m*-tolyl-2.5 amino-1 triazole-1.3.4 [III, 3], di-*p*-tolyl-3.6 tétrazine-1.2.4.5 [IV, 1], di-*p*-tolyl-3.6 dihydro-1.2 tétrazine-1.2.4.5 [IV, 2] et di-*p*-tolyl-2.5 amino-1 triazole-1.3.4 [IV, 3].



L'examen de l'absorption de ces substances montre que :

1° La diphényltétrazine, la diphényldihydrotétrazine et son isomère diphénylaminotriazole ont des absorptions d'allure très différente ([3]) ; la forme

([2]) Les dihydrotétrazines étudiées étant instables, les parties de leurs courbes vers les grandes longueurs d'onde doivent être admises sous quelques réserves.

([3]) Ceci permet l'identification spectrale aisée de ces substances formées par action de l'hydrazine sur les nitriles ou leurs dérivés (iminoesters, iminothiosters, amidines, amidhydrazone, thioamides) (recherches inédites). Il est à remarquer que les diaryldihydrotétrazines et les isomères diarylaminotriazoles ont, comme on pourrait le pressentir, des maxima assez voisins.

des courbes de ces composés est identique respectivement à celle des $\varphi.C(:NH).N:N.(HN:)C.\varphi$, $\varphi.C(NH_2):N.N:(H_2N)C.\varphi$ et diphényltriazole ou des substances spectralement apparentées [azoïques, azoaldoximes, azoaldimines; azines, tétrazanes (4); oxydiazoles, etc.]. Il est à noter que l'effet spectral de l'acétylation et de la diacétylation du diphénylaminotriazole est, comme pour quelques hydrazones, nul ou très faible (*fig.* I).

2° La N-amination du diphényl-2.5 triazole-1.3.4 ne produit qu'un faible déplacement de son absorption vers le visible. Les fréquences des maxima du diphényltriazole et des composés oxygéné et soufré isologues croissent suivant l'ordre : diphénylthiodiazole $<$ diphényloxydiazole $<$ diphényltriazole (*fig.* II), en accord avec ce qu'on constate pour d'autres composés à hétérocycle pentagonal (isoxazoles et pyrazoles substitués, etc.) (recherches inédites).

3° La méthylation des phényles fixés sur la tétrazine, la dihydrotétrazine et l'aminotriazole ne produit pas des modifications sensibles dans leur absorption (*fig.* III et IV), en accord avec la règle suivant laquelle les principales relations qualitatives entre les effets spectraux des substitutions opérées sur le phényle ou le phénylène fixés sur un groupement (chromophore ou non) quelconque sont indépendantes de la nature de celui-ci (5).

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action de l'amalgame de sodium sur l'acide benzallactique (acide styrylglycolique).* Note (*) de MM. Georges Habib Labib et Paul Cordier, présentée par M. Marcel Delépine.

Étude de l'hydrogénation de l'acide benzallactique en acide benzalpropionique par l'amalgame de sodium, conditions d'isolement d'un acide benzallactique isomère.

Dans le but d'obtenir l'acide benzalpropionique



$$C_6H_5—CH=CH—CH_2—CO_2H$$

dont nous avions besoin pour une étude en cours, nous avons songé à utiliser le procédé décrit par Fittig et Petkov (1) basé sur l'hydrogénation particulière par l'amalgame de sodium en milieu aqueux sous courant de gaz carbonique de l'acide benzallactique $C_6H_5—CH=CH—CHOH—CO_2H$.

Ces auteurs ont indiqué avoir réalisé ainsi la réduction de la fonction alcool

(4) L'absorption des tétrazanes semble être en désaccord avec leurs formules usuelles (recherches inédites).

(5) Excepté, évidemment, certains cas groupés sous la rubrique « effet stérique » et le cas de changement dans la structure du noyau benzénique (recherches inédites).

(*) Séance du 10 octobre 1955.

(1) *Liebigs Ann.*, 299, 1898, p. 27.

secondaire et avoir obtenu l'acide benzalpropionique à côté de faibles quantités d'acide γ-phénylbutyrique et des traces d'un acide non identifié F ≠ 100°.

1. Nous avons examiné d'une façon systématique l'étude de ce procédé pour lequel Fittig et Petkov ont donné peu de précisions opératoires.

L'acide benzallactique a été obtenu dans de bonnes conditions par réduction par l'hydroborure de potassium de l'acide benzalpyruvique d'après la méthode donnée précédemment par l'un de nous et J. Bougault (²); il a été purifié soigneusement par plusieurs cristallisations dans l'alcool éthylique dilué F 137°.

Après de nombreux essais nous avons effectué la réduction de l'acide benzallactique, en milieu aqueux bicarbonaté dilué, par un très grand excès d'amalgame de sodium à 3 % fraîchement préparé (6 à 7 fois la quantité théorique), en ayant soin de faire arriver dans le ballon contenant le mélange un courant lent et continu de gaz carbonique; l'addition d'amalgame se fait progressivement, l'opération dure deux jours. Au bout de ce temps la solution, décantée, filtrée, est acidifiée par de l'acide chlorhydrique dilué. On obtient ainsi un précipité qui est isolé et purifié par cristallisations dans l'eau. Le produit présente toutes les propriétés de l'acide benzalpropionique F 87°; l'analyse centésimale correspond à ce composé, le poids moléculaire déterminé par acidimétrie est en accord avec le poids moléculaire théorique $C_{10}H_{10}O_2 = 162$. Le rendement est d'environ 55 à 60 %.

Le filtrat obtenu après séparation de cet acide benzalpropionique est relargué par addition de sulfate d'ammonium et épuisé par l'éther. On obtient, après séparation et distillation du solvant, un résidu qui est purifié par cristallisation dans le benzène F 113-114°.

L'analyse centésimale de ce corps est en accord avec la formule globale de l'acide benzallactique $C_{10}H_{10}O_3$. Le poids moléculaire déterminé par acidimétrie correspond à 178; le composé réduit immédiatement en milieu bicarbonaté une solution à 1 % de permanganate de potassium avec formation d'aldéhyde benzoïque. Nous avons vérifié qu'en solution alcoolique le produit est inactif sur la lumière polarisée.

Ces résultats permettent de conclure que le corps isolé F 113° répond à la structure d'un acide benzallactique.

Le rendement est d'environ 35 % par rapport à l'acide benzallactique de départ.

Il s'est donc produit une isomérisation par rapport à la double liaison de l'acide éthylénique α alcool, sous l'action de l'amalgame de sodium.

Le composé obtenu n'a pas été décrit, à notre connaissance, dans la littérature.

De nombreuses expériences répétées avec de l'acide benzallactique plusieurs fois recristallisé ont donné les mêmes résultats.

(²) J. Bougault et P. Cordier, *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 2004.

Nous n'avons pas pu isoler, ni caractériser l'acide γ phénylbutyrique signalé par Fittig et Petkov ([1]).

2. Nous avons examiné l'action de l'amalgame de sodium sur cet acide benzallactique isomère F 113°. Nous n'avons obtenu en utilisant un très grand excès d'amalgame de sodium et en prolongeant l'opération pendant 4 jours qu'un rendement de 20 % en acide benzalpropionique.

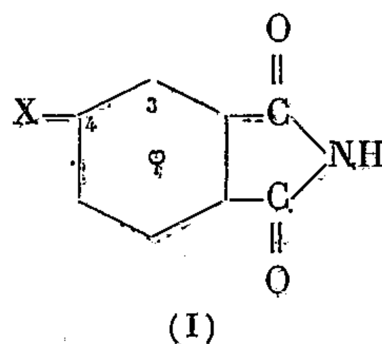
Nous avons essayé la réduction de ce composé par le nickel de Raney, à la température ordinaire, en milieu aqueux bicarbonaté; cet acide benzallactique F 113° est très facilement réduit dans ces conditions et donne l'acide benzyllactique F 105°.

Conclusion. — L'acide benzallactique est réduit au niveau de la fonction alcool secondaire par l'amalgame de sodium, on obtient ainsi l'acide benzalpropionique en même temps qu'une partie de l'acide éthylénique α alcool est isomérisé sous l'influence du réactif en un acide F 113° beaucoup plus difficilement réductible dans les conditions opératoires.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Cinétique de l'hydrolyse des phtalimides en milieu tampon (dosage polarographique).* Note de MM. **Jean Tirouflet** et **Émile Le Trouit**, présentée par M. Marcel Delépine.

On peut suivre par polarographie la vitesse d'hydrolyse des phtalimides à pH constant. On calcule ainsi une pseudoconstante k du premier ordre. Cette pseudoconstante n'obéit pas aux lois classiques relatives aux interactions intramoléculaires, car elle ne tient pas compte de la dissociation des phtalimides. Les données expérimentales permettent de calculer les constantes k_1 relatives à la forme non dissociée.

Nous avons déjà montré ([1]) qu'il était possible de doser les phtalimides (I) par polarographie. Cette propriété permet de suivre facilement la vitesse d'hydrolyse alcaline des phtalimides en solution tamponnée.



(I)

Les premiers résultats obtenus dans ce domaine ([2]) concernaient uniquement les phtalimides non substitués à l'azote et avaient mis en évidence deux anomalies apparentes dans la zone de pH comprise entre 9 et 12 :

([1]) J. Tirouflet, *Rés. Com. XIVe Congrès Int. de Chimie pure et appliquée*, Zurich, 1955, p. 32.

([2]) J. Tirouflet, M. Guyard et R. Robin, *Com. Soc. Chim.* (à paraître).

a. pour un phtalimide donné la pseudoconstante expérimentale n'est pas proportionnelle à la concentration en ion OH^- du tampon;

b. à ces pH, cette constante est pratiquement indépendante de la nature du substituant X.

Pour interpréter ces résultats nous avons entrepris une étude systématique dans toute la gamme des pH alcalins.

Les mesures ont été faites à 25°, en solution hydroalcoolique à 10 % d'alcool ($c = 10^{-3}$ M) dans des tampons de Prideaux-Ward. On dose le phtalimide en mesurant la hauteur totale des deux vagues présentées par ces composés aux pH alcalins. Dans le cas du dérivé nitré le polarogramme normal de l'imide est perturbé par la présence du groupe NO_2, mais on dispose toutefois, pour doser le nitrophtalimide, de deux méthodes concordantes qui seront exposées ailleurs.

A un pH donné la réaction est du premier ordre par rapport au phtalimide et l'on détermine une pseudoconstante expérimentale k_X. Si l'on néglige l'hydrolyse aqueuse, cette pseudoconstante peut se mettre sous la forme :

$$k_X = [OH^-]\left\{ k_{1X}\frac{[H^+]}{K_X+[H^+]} + k_{2X}\frac{K_X}{K_X+[H^+]} \right\}, \qquad (1)$$

K_X est la constante de dissociation du phtalimide A_XH;
k_{1X} est la constante de vitesse relative à la forme non dissociée;
k_{2X} la constante de vitesse relative à l'ion A_X^-.

Le tableau suivant donne les valeurs de $k_X 10^5$ (en s^{-1}) aux différents pH.

	Substituant (X)				
pH.	H.	NH_2-4.	NO_2-4.	Cl-4.	Br-4.
7,91	0,93	0,303	10,8	2,8	»
9,11	15,2	4,24	42	29,6	22
10,21	46,6	25,4	67	52,4	38,5
11,94	61	79,6	73	53,2	51,2
13	85	85	»	75,2	77,9

A partir de ces valeurs, l'équation (1) permet de calculer k_{1X} et k_{2X}. k_{2X} est toujours très petit vis-à-vis de k_{1X} et la précision des mesures ne permet pas de le définir dans la zone des pH étudiés; par contre on peut obtenir k_{1X} avec une approximation suffisante. Le tableau ci-dessous donne les valeurs de k_{1X} (en mol-g/l.s^{-1}) calculées à partir des k_X et des valeurs de K_X déterminées récemment [3] :

Substituant (X)	H.	NH_2—4.	NO_2—4.	Cl—4.
k_{1X}	11,4	3,72	175	36,3

On retrouve, pour les k_{1X}, les résultats classiques concernant les interactions

[3] R. Guérillot, *Comptes rendus*, 240, 1955, p. 1107.

intramoléculaires dans l'hydrolyse alcaline des composés carbonylés aromatiques. En particulier l'équation de Hammett est applicable à cette série avec l'approximation habituelle.

L'équation (1) permet donc de rendre compte facilement des anomalies signalées au début. En effet, si l'on néglige le deuxième terme par rapport au premier, on voit que :

1° Pour des pH inférieurs à 9, K_X est négligeable par rapport à $[H^+]$ et l'équation devient $k_X = [OH^-]k_{1X}$. k_X est proportionnel à $[OH^-]$ et les k_X sont reliés par l'équation de Hammett car les k_{1X} le sont.

2° Pour des pH supérieurs à 10, $[H^+]$ devient négligeable par rapport à K_X et l'on a

$$k_X = [OH^-][H^+]\frac{k_{1X}}{K_X} = K_W\frac{k_{1X}}{K_X}.$$

Par suite k_X est indépendant de $[OH^-]$. D'autre part on peut écrire, en utilisant les relations de Hammett :

$$\log\frac{k_X}{k_H} = \log\frac{k_{1X}}{k_{1H}} - \log\frac{K_X}{K_H} = (\rho - \rho')\sigma_X$$

et si l'on admet $\rho = \rho'$, la pseudoconstante k_X sera indépendante de X.

Les résultats relatifs aux phtalimides N-substitués feront l'objet d'une prochaine publication.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Nouvelle synthèse de composés polyacétyléniques conjugués symétriques et dissymétriques.* Note de MM. **Wladyslaw Chodkiewicz** et **Paul Cadiot**, présentée par M. Charles Dufraisse.

Cette nouvelle méthode très générale de synthèse de composés polyacétyléniques conjugués utilise l'action d'un dérivé cuivreux acétylénique sur un dérivé bromé acétylénique; elle permet en particulier l'obtention de produits dissymétriques avec de bons rendements.

Le doublement des composés acétyléniques vrais peut être effectué par oxydation de leur dérivé cuivreux par l'air, les ferricyanures [(1), (2), (3), ...] ou de leur dérivé magnésien par l'iode ou les sels cuivriques (4). Cette méthode de doublement a été récemment appliquée à l'obtention de composés

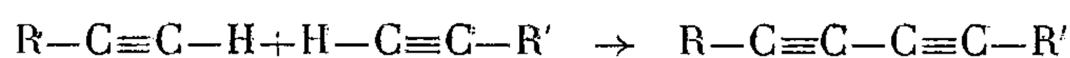
(1) A. W. Johnson, *The acetylenic alcohols*, 1946, p. 121 et 229; *The acetylenic acids*, 1950, p. 272, Arnold, Londres.

(2) K. Bowden, I. Heilbron, E. R. H. Jones, K. H. Sargent, *J. Soc. London*, 1947, p. 1579.

(3) J. B. Armitage, C. L. Cook, N. Entwistle, E. R. H. Jones, M. C. Whiting, *J. Soc. London*, 1952, p. 1998.

(4) J. B. Armitage, E. R. H. Jones, M. C. Whiting, *J. Soc. London*, 1952, p. 2014.

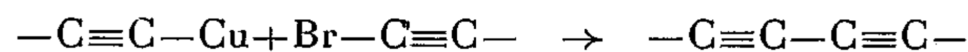
dissymétriques [(5), (6), ...] selon le schéma :



toutefois, elle conduit alors à l'obtention du mélange des trois composés polyacétyléniques possibles (le dissymétrique et les deux symétriques), dont la séparation est souvent difficile.

Il convient également de noter que ces méthodes de doublement ne semblent applicables aisément qu'avec des acétyléniques de la série aliphatique, et ne sont pratiquement pas utilisables dans le cas des diaryl-propynols.

La nouvelle méthode proposée consiste à effectuer un doublement indirect, par réaction d'un dérivé cuivreux acétylénique sur un dérivé bromé (7) d'un composé acétylénique vrai :

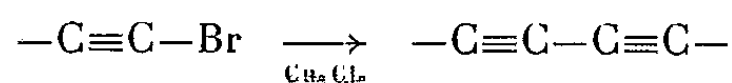


Elle est très générale et peut être employée même dans les séries où l'oxydation des dérivés cuivreux semble inutilisable.

C'est ainsi qu'elle a pu être appliquée aussi bien à l'obtention des glycols diacétyléniques aliphatiques (ex. I) qu'à celle des glycols diacétyléniques aromatiques (ex. II et III). Elle conduit à l'obtention de produits dissymétriques, avec de bons rendements, lorsque les deux composés acétyléniques de départ sont différents. Elle a permis en particulier l'obtention de glycols diacétyléniques dissymétriques (ex. IV), de mono-alcools diacétyléniques (ex. V et VI), d'acide-alcools diacétyléniques (ex. VII et VIII) et, enfin, de glycols triacétyléniques (ex. IX et X).

Cette méthode est facilement mise en œuvre : le dérivé cuivreux est formé en milieu hydro-alcoolique très légèrement ammoniacal; l'introduction du dérivé bromé, conduite lentement à froid (— 15° à 0°), déclenche une réaction exothermique extrêmement rapide.

Un doublement analogue peut être effectué par réaction du chlorure cuivreux sur un dérivé bromé acétylénique



Dans un premier temps, le chlorure cuivreux transforme une partie du dérivé acétylénique bromé en dérivé cuivreux acétylénique correspondant; le deuxième temps se ramène à la réaction précédemment étudiée.

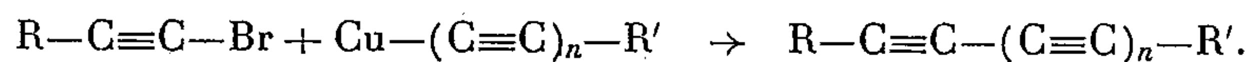
C'est ainsi qu'à titre d'exemple, le diméthyl-octadiyne-diol et le diphényldiacétylène ont été préparés avec des rendements de l'ordre de 60 %.

---

(5) H. K. Black, B. C. L. Weedon, *J. Soc. London*, 1953, p. 1785.

(6) F. Bohlmann et coll., *Ber. der. Chem. Ges.* 87, 1954, p. 712; 88, 1955, p. 361, 429, 1245, 1347.

(7) F. Strauss, L. Kollek, W. Heyn, *Ber. der. Chem. Ges.* 63, 1930, p. 1868.



Nos.	R.	R'.	n.	Rdt (%).	F°C.
I	$(CH_3)_2C(OH)—$	$—(HO)C(CH_3)_2$	1	95	132
II	$(C_6H_5)_2C(OH)—$	$—(HO)C(C_6H_5)_2$	1	65	146
III	$\{C_6H_4—C_6H_4\}>C(OH)—$	$—(HO)C<\{C_6H_4—C_6H_4\}$	1	74	267
IV	$\{C_6H_4—C_6H_4\}>C(OH)—$	$—(HO)C(CH_3)_2$	1	58	153
V	$C_6H_5—$	$—(HO)C(CH_3)_2$	1	73	56
VI	$C_6H_5—$	$—(HO)C(C_6H_5)_2$	1	60	86
VII	$HO_2C—$	$—(HO)C(CH_3)_2$	1	56	117
VIII	$HO_2C—$	$—(HO)C(C_6H_5)_2$	1	50	décomp. vers 102
IX	$(CH_3)_2C(OH)—$	$—(HO)C(CH_3)_2$	2	66	154
X	$(C_6H_5)_2C(OH)—$	$—(HO)C(C_6H_5)_2$	2	51	158

Cette seconde réaction ne conduit aisément qu'à l'obtention de composés symétriques; elle peut constituer d'ailleurs une réaction secondaire de la synthèse précédemment proposée, surtout dans le cas de condensations effectuées à chaud.

RADIOCRISTALLOGRAPHIE. — *Élargissement d'un faisceau de rayons* X *par traversée d'une matière hétérogène.* Note (*) de Mme **Marianne Lambert** et M. **André Guinier**, présentée par M. Charles Mauguin.

La diffusion des rayons X aux petits angles produite par de fines particules (< 50 Å) est, en général, d'intensité très faible par rapport à l'énergie incidente. Mais si les particules sont volumineuses (> 500 Å), l'énergie soustraite au faisceau par la diffusion aux faibles angles est très notable. Il est même surprenant de constater que le coefficient massique de diffusion correspondant, s, peut être bien plus grand que le coefficient d'absorption photoélectrique pour les substances de faible poids atomique. Il en résulte qu'après traversée d'un échantillon épais, le faisceau directement transmis est complètement éteint, alors que le faisceau diffusé est encore assez intense pour être facilement enregistré. On constate que ce faisceau émergent est élargi, d'autant plus que l'épaisseur de l'échantillon est plus grande (*fig.* 1).

Cet élargissement progressif ne peut être expliqué par une diffusion simple, pour laquelle la répartition d'intensité est indépendante de la masse du diffuseur. Il est donc dû au phénomène de diffusion multiple aux petits angles.

(*) Séance du 10 octobre 1955.

Une onde diffusée par une première particule est à nouveau diffusée par une seconde, puis une troisième, etc. Ce phénomène, négligeable pour les échantillons minces usuels, devient prépondérant quand l'épaisseur de l'écran croît. Le calcul en a été fait par Dexter (¹) dans le cas particulier de particules sphériques.

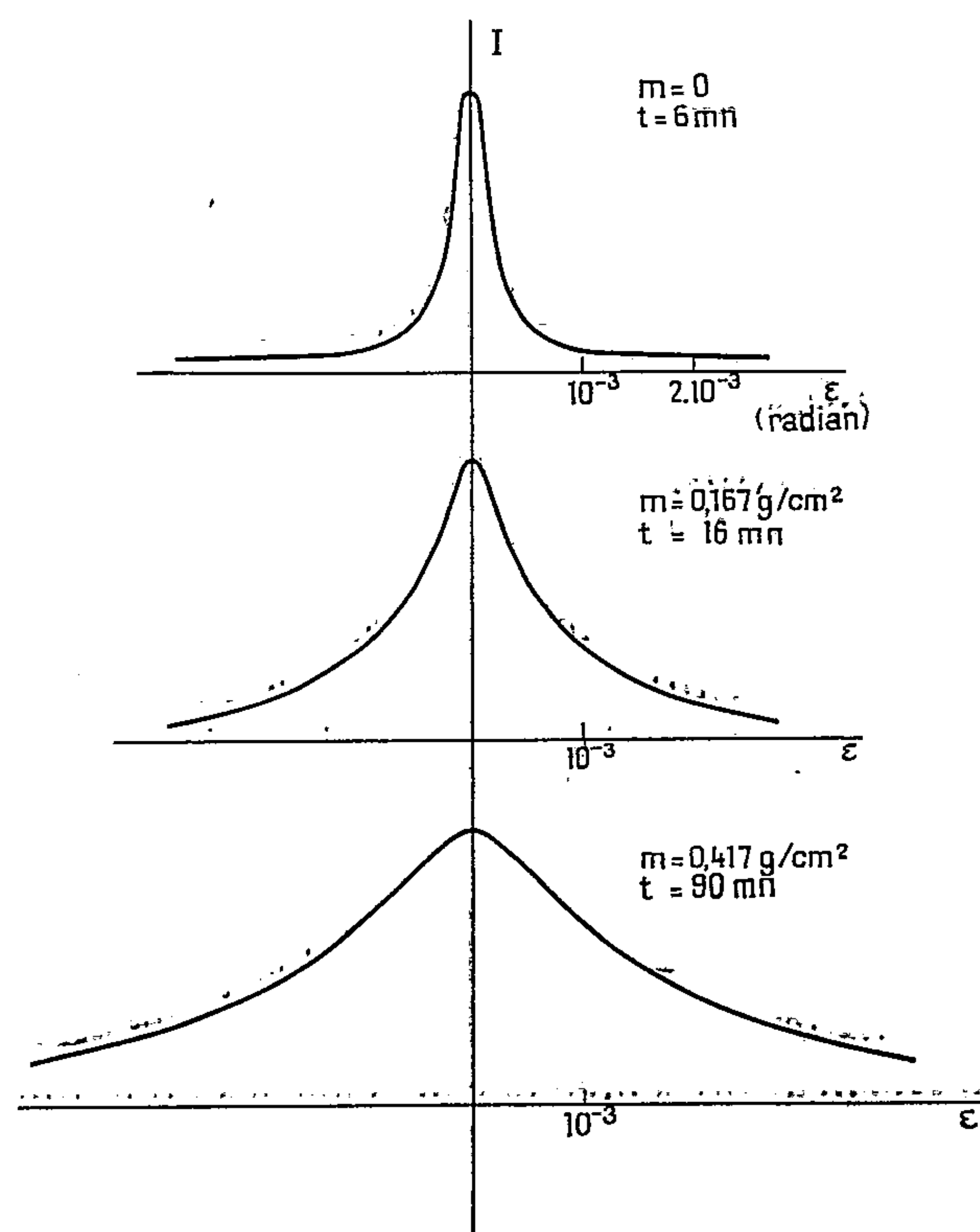


Fig. 1. — Profil des faisceaux transmis par des écrans de noir de carbone de différentes épaisseurs (t est le temps de pose du cliché).

Pour des particules quelconques, on peut calculer simplement la largeur du faisceau émergent, sans chercher à analyser le phénomène, dans les hypothèses suivantes : l'échantillon est assez épais pour que le faisceau direct émergent n'existe plus; on admet que le profil du faisceau émergent est une courbe de Gauss, de largeur à mi-intensité L, ainsi que la courbe de la diffusion simple (²), celle-ci ayant une largeur l, petite devant L. On trouve alors qu'en première approximation, L^2 est une fonction linéaire de m, masse par centimètre carré de l'écran diffuseur, quand le produit ms est bien plus grand que 1 : le coefficient

(¹) L. Dexter et W. W. Beeman, *Phys. Rev.*, 76, 1949, p. 1782.

(²) A. Guinier et G. Fournet, *Small-angle Scattering of X Rays* (Wiley, New-York, 1955).

angulaire $\alpha = \Delta L^2/\Delta m$ est égal à sl^2. Par exemple, pour des particules identiques, de volume V et de rayon de giration R_0,

$$\alpha \doteq 0,35.10^{-3}\rho\lambda^4\frac{V}{R_0^4}.$$

Nous avons vérifié cette loi linéaire sur divers échantillons de noir de carbone (*fig.* 2), des micelles de ramie et des poudres d'argile. Les expériences de Dexter la confirment aussi.

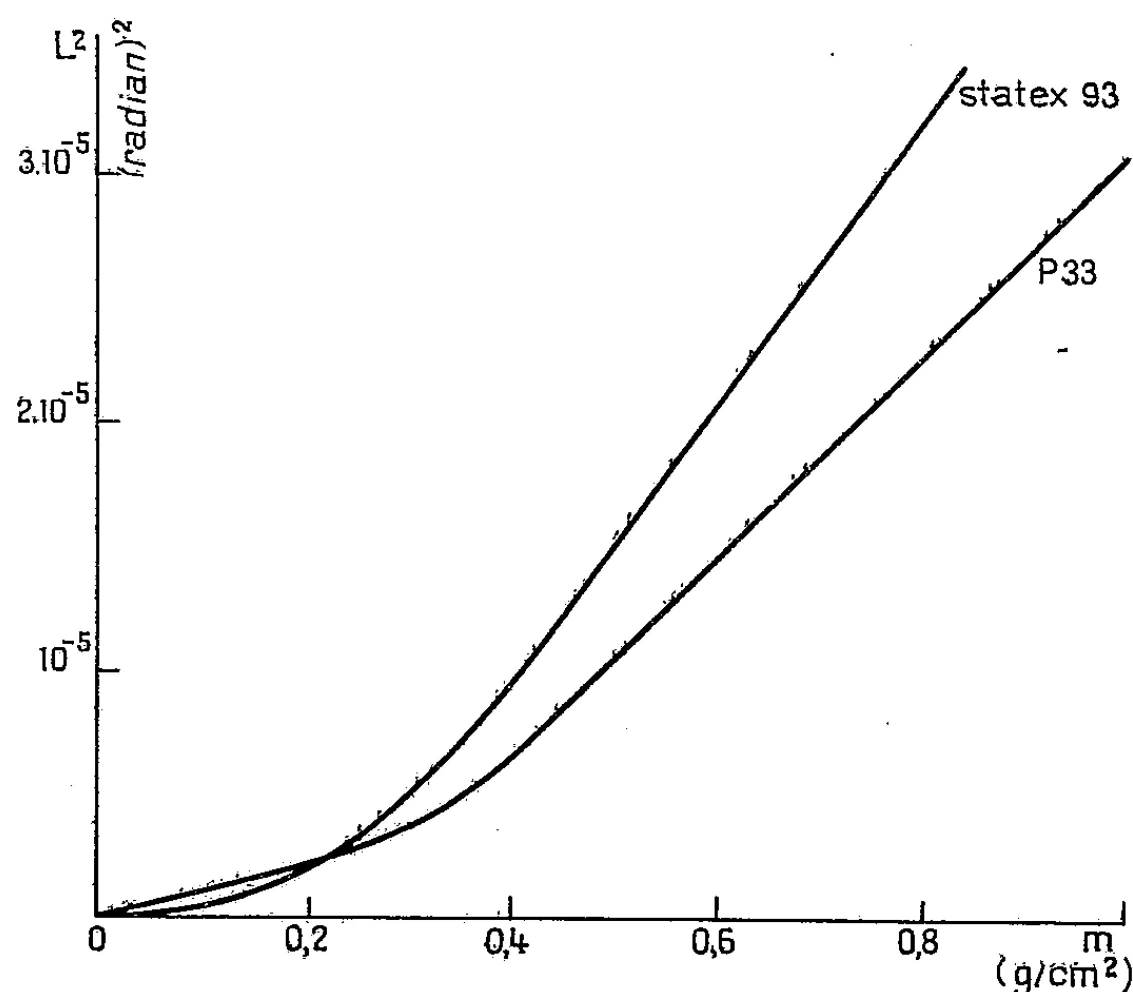


Fig. 2. — L², carré de la largeur du faisceau transmis en fonction de l'épaisseur de l'écran, *m*, pour deux variétés de noir de carbone.

On peut donc, de la variation de l'élargissement du faisceau transmis avec l'épaisseur de l'échantillon, tirer une donnée sur la taille des particules. Cette méthode est de réalisation plus simple que les expériences usuelles de diffusion aux faibles angles, surtout quand les particules sont assez volumineuses. Mais elle n'est possible qu'avec des éléments légers.

Ce travail a été entrepris à la suite d'un article de B. M. Rovinsky et V. M. Genkin ([3]), qui avaient observé un élargissement du faisceau transmis par divers écrans métalliques (Cu, Al). Nous n'avons pas retrouvé cet effet. Si, pour certains échantillons il existe, il est certainement dû à une diffusion *multiple*, provoquée probablement par des hétérogénéités internes des métaux. Il n'est donc pas possible d'interpréter l'expérience, comme l'ont fait les auteurs cités, à l'aide de formules valables uniquement pour la diffusion simple.

([3]) *Doklady Akad. Nauk S. S. S. R.*, 89, 1953, p. 673.

GÉOLOGIE. — *Structures alpines; chronologie et causes profondes.* Note (*) de M. **André Amstutz**, présentée par M. Pierre Pruvost.

Reprenons ici ce que j'ai noté dans deux Notes précédentes ([1]) à propos de tectogénèse alpine.

Comment expliquer les déversements Saint-Bernard/Mont-Rose de la première phase tectogène, si ce n'est par un courant subcrustal allant du géosynclinal vers le continent dès le Trias et augmentant d'intensité au crétacé? Et comment concevoir l'inversion réalisée par les deuxième et troisième phases tectogènes, si ce n'est par la naissance ultérieure de courants dirigés en sens contraire, par suite de la naissance et de la croissance d'un grand bourrelet sous la croûte terrestre? On perdrait son temps, me semble-t-il, à chercher d'autres réponses que celles qui sont là implicitement comprises. L'étude rationnelle des Pennides oblige donc à rejoindre et admettre pleinement les conclusions principales de la coordination faite par A. Rittmann de tout ce que l'on peut savoir de l'évolution de la croûte terrestre dans les zones orogéniques; et il faut évidemment se rendre compte de l'immense progrès que son étude a fait faire dans la compréhension de ce domaine.

Pour l'orogénèse alpine, il me paraît cependant que sa théorie (1942 et 1951) doit être un peu modifiée quant à l'ordre de succession des déformations. Plutôt que de voir là une phase tectogène globale (pour Rittmann : phase d'engloutissement) suivie d'une phase orogène également globale (phase de surrection), il faut, à mon sens, distinguer surtout ces six phases principales :

1. phase des subductions Zone Mont-Rose sous Zone Saint-Bernard, et écoulements subséquents vers l'intérieur de l'arc alpin;

2. phase des subductions Zone Mont-Rose ou Complexe SB/MR sous Zone Sesia, et écoulements subséquents (Émilius, Dent-Blanche, etc.);

2′. reprise très atténuée de subductions vers l'extérieur de l'arc alpin;

3. phase simplonique, avec écoulements subséquents;

3′. encore une reprise de subductions restreintes du genre 2′;

4. phase des subductions de Courmayeur-Airolo, créant à l'état embryonnaire les nappes des Préalpes et des Helvétides supérieures;

5. phase des subductions de Chamonix-Urseren ([2]) constituant les Helvétides et faisant fluer à nouveau les masses déjà déversées au Nord par la quatrième phase;

(*) Séance du 3 octobre 1955.

([1]) *Comptes rendus*, 241, 1955, p. 888 et 967.

([2]) Près de Martigny et près de Brigue, les subductions de la phase Chamonix-Urseren sectionnent obliquement les surfaces de la phase Courmayeur-Airolo (γ, comme à Malesco).

6. phase créant la majeure partie des plissements du Jura, par des subductions et des décollements au niveau du trias gypseux.

Pour la série de déversements qui s'est faite vers l'extérieur de l'arc alpin, après les recouvrements SB/MR, l'explication spatiale et chronologique des faits devient aisée lorsqu'on conçoit qu'il s'est produit là, avec des intensités graduellement décroissantes, une série de répétitions du mécanisme dont j'ai signalé des effets particulièrement importants et caractéristiques au dos de la nappe Monte-Leone. Ce mécanisme, je le rappelle, consiste essentiellement en subductions qui résultent d'entraînement par des courants subcrustaux et qui créent : des étirements au-dessous de la surface principale de cisaillement, des compressions dans les masses se trouvant au-dessus de la surface, puis, dans la plupart des cas, l'écoulement de ces masses dans les dépressions engendrées par les subductions immédiatement en contre-bas.

De la fin du Crétacé au Pliocène, des juxtapositions successives de déformations se sont ainsi faites, par étapes, de la Zone Sesia jusqu'à l'avant-pays, avec un amortissement graduel dû à l'atténuation des pentes au flanc du bourrelet subcrustal à chaque répétition du mécanisme. Et les surrections résultant des ajustements isostatiques ont donc pu se faire dans la zone pennique bien avant que les subductions successives aient complètement effectué leur migration et atteint l'avant-pays; d'où la réserve que j'ai dû faire ci-dessus à propos d'ordre de succession des phénomènes tectogéniques et orogéniques s. str. dans la théorie de Rittmann.

Les quelques alternances de subductions vers le Nord (ou Nord-Ouest) et vers le Sud (ou Sud-Est) qui ont succédé dans l'Ossola-Tessin à la première phase tectogène, peuvent au premier abord paraître étonnantes, mais elles deviennent aisément compréhensibles dès que l'on réfléchit aux variations que peut subir la résultante des actions d'entraînement et de subduction engendrées par deux courants subcrustaux de sens contraire. En effet, en même temps que naissaient, se développaient et agissaient des courants approximativement Nord-Sud sur le flanc septentrional du bourrelet subcrustral, les courants primordiaux devaient maintenir une certaine action sur l'autre flanc; et l'interférence de ces actions pouvait évidemment engendrer des oscillations de la résultante; la prédominance d'un sens pouvant d'ailleurs créer une modification asymétrique du bourrelet, un enflement latéral, qui pouvait favoriser la prépondérance de l'autre sens pour l'étape suivante, et ainsi de suite jusqu'à l'amenuisement des courants et l'ajustement isostatique ultérieur. C'est en tout cas ainsi, par ces causes profondes et par cette chronologie, que peuvent le mieux s'expliquer les structures de l'Ossola-Tessin, l'enracinement des nappes, leurs déformations ultérieures, le sectionnement de certaines surfaces de subductions par d'autres, les plis transversaux et mouvements de bascules, l'emplacement des montées granodioritiques alpines et d'autres particularités envisagées dans le travail de 1954 que j'ai cité.

Une convergence presque complète apparaît donc entre les données structurales et chronologiques qui résultent de mes recherches sur le terrain, et les conclusions principales de la théorie édifiée par Rittmann sur l'origine des courants subcrustaux et l'évolution de l'orogénèse en général. Les quelques divergences qui subsistent entre lui et moi quant à l'ordre de succession des déformations tectogéniques trouveront sans doute bientôt une solution. Et bientôt aussi, quelques schémas viendront corriger ce que cette Note-ci peut avoir de laconisme apparemment regrettable mais en réalité inévitable lorsqu'il faut condenser en un espace si restreint une matière aussi complexe.

OCÉANOGRAPHIE. — *Position des maxima caractéristiques dans les graphiques granulométriques de fréquence, établis pour les sables de la zone des marées sur les côtes bretonnes.* Note de M. **Marcel Prenant**, présentée par M. Louis Fage.

Dans les graphiques granulométriques de fréquence, établis pour des sables intercôtidaux bretons, on retrouve systématiquement quatre maximums en des positions caractéristiques, répondant sensiblement à des diamètres de grains de 1 mm, 275 μ, 130 μ et 75 μ. Cette propriété discontinue, qui paraît due au tri par vagues et courants, semble utilisable en écologie et en sédimentologie.

Dans des recherches granulométriques déjà anciennes sur les sables marins de Quiberon, j'avais montré ([1]) que dans la zone des marées beaucoup de sables ont une courbe de fréquence bi- ou trimodale. Ce fait, que j'ai revu à Douarnenez ([2]), a été généralisé par A. Rivière ([3]) et retrouvé par Max Lafon sur les côtes normandes ([4]). J'ai repris son étude à la Station biologique de Roscoff sur plusieurs centaines d'échantillons, recueillis entre Brest et Lannion, en des points très précis. Mes résultats complètent, comme suit, ceux de 1932.

1° Les sables de la zone des marées, traités sur une série de 24 tamis, dont les mailles vont de 3 mm à 30 μ, donnent des graphiques granulométriques de fréquence qui peuvent présenter de un à quatre maximums, non comprise l'étude des graviers et galets, ni celle des poudres.

2° Si l'on porte en ordonnées des graphiques, suivant une suggestion de A. Rivière, non pas les poids (rapportés à 100 g) retenus entre deux tamis, mais les quotients de ces poids par les différences de largeurs de mailles, on corrige les légères irrégularités de la série des tamis. Il apparaît alors nettement que les dimensions de grains correspondant aux maximums ne varient pas de façon désordonnée, mais sont bien définies.

([1]) *Arch. Zool. Expérim. Génér.*, 74, 1932, p. 581.
([2]) *Bull. Biol. France-Belgique*, 73, 1939, p. 451.
([3]) *Ann. Inst. Océanogr.*, 17, 1937, p. 213.
([4]) *Ibid.*, 28, 1953, p. 113.

3° Les deux maximums les plus fréquents et les plus nets sont marqués l'un par l'intervalle de 300 à 250 μ, l'autre par celui de 135 à 120 μ. Quand l'un d'eux est seul représenté les écarts sont souvent très faibles et le sable est très bien classé.

4° On obtient aussi des graphiques unimodaux à maximum voisin de 1 mm, et des graphiques bi- ou trimodaux qui comportent ce maximum, avec les précédents ou l'un des précédents.

5° Un quatrième maximum répond à des grains de 80 à 70 μ. Il est souvent associé aux deux premiers ou à l'un d'eux (généralement celui de 135 à 120 μ), mais je ne l'ai trouvé jusqu'ici, ni isolé dans un graphique unimodal, ni associé aux trois autres en un graphique nettement quadrimodal.

6° Ces résultats sont valables pour presque tous les points que j'ai étudiés. Ils se relient de près à ceux obtenus en Normandie par Max Lafon, dans la mesure où cet auteur signale une « classe creuse » de 245 à 175 μ, comprise entre un maximum de 150 à 100 μ, et un autre de 417 à 245 μ. Ils sont, bien entendu, indépendants des séries de tamis utilisées : trois séries différentes en ce qui concerne mes observations.

7° Mis à part les galets et graviers, et aussi les poudres et vases, les sables examinés peuvent être décrits généralement comme des complexes, en proportions variables, des quatre types unimodaux ci-dessus définis. Il est remarquable que ces types aient une composition granulométrique à peu près identique sur des centaines de kilomètres et soient largement indépendants de la nature de leurs constituants, comme je l'avais noté dès 1932, et comme Rivière et Max Lafon l'ont montré aussi : Rivière a employé, à ce sujet, le terme justifié de « convergence ».

8° Dès 1932, j'avais suggéré, de tels faits, trois interprétations possibles, que Rivière et Lafon ont discutées depuis lors. Nous nous accordons sur l'idée qu'une répartition de ce genre résulte surtout du tri par les actions hydrodynamiques littorales. Peut jouer un rôle, aussi, le remplissage par grains fins des interstices laissés par les gros grains, avec constitution d'une structure relativement stable, dont Rivière a fait voir qu'elle pouvait correspondre à un réseau octaédrique. Viennent enfin, de façon locale et subordonnée, l'origine et la nature des stocks sableux. Mes observations récentes apportent de nombreuses confirmations à cette opinion.

9° Dans la région de Roscoff, où les actions hydrodynamiques locales varient beaucoup, les sables à maximum unique ou principal sur 135 à 120 μ, et éventuellement 80 à 70 μ, caractérisent avant tout les plages exposées au large et à des vagues de période longue, sans courants de marée importants. Les sables à maximum unique ou principal sur 300 à 250 μ se trouvent surtout aux abords immédiats de Roscoff et dans la baie de Morlaix, à vagues plus courtes et courants plus sensibles. Enfin

le chenal de Batz, relativement abrité et parcouru par de rapides courants de marée, offre des sables à maximum unique ou principal voisin de 1 mm. Ce schéma, qui laisse place à des variations locales quantitatives d'une grande sensibilité, s'applique avant tout aux bas niveaux intercôtidaux, car le maximum principal répond souvent à un type plus grossier quand on va vers les niveaux plus élevés.

10° Les graphiques granulométriques de fréquence montrent ainsi, pour les sables intercôtidaux, des discontinuités nettes, qui en facilitent beaucoup l'étude comparée. En sédimentologie littorale, ils doivent aider à préciser dans le détail spatial et chronologique le principe bien établi (Bourcart, Francis-Bœuf, Glangeaud, Rivière, etc.) suivant quoi, en un point, la sédimentation intègre l'ensemble des actions hydrodynamiques. Dans les recherches écologiques, qui étaient mon objet principal, ils fournissent une réponse directe à certains problèmes, ou du moins une base solide à l'étude de questions beaucoup plus complexes.

11° Pour leur donner toute leur précision, il faut prélever de nombreux échantillons en des points très exactement définis; les traiter sur une série de tamis nombreux, et adopter la représentation graphique indiquée ici, de préférence aux courbes cumulatives, si précieuses pour d'autres buts.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur le rôle des corrélations d'inhibition dans les phénomènes d'organogenèse observés chez le tissu cambial, cultivé* in vitro, *de certains arbres. Incidences sur les problèmes du bouturage.* Note de M. **Clément Jacquiot**, présentée par M. Philibert Guinier.

La formation d'organes par le tissu cambial cultivé *in vitro* paraît dépendre de l'action de deux groupes de facteurs antagonistes.

1. *Néoformation de bourgeons et de racines chez* Ulmus campestris L. — R. J. Gautheret avait observé (1) que le tissu cambial de cette espèce prélevé en été et cultivé *in vitro*, forme de nombreuses ébauches de bourgeons, à condition que le milieu de culture contienne une dose suffisante d'un sucre. Si l'éclairement est suffisant ces ébauches se développent en pousses feuillées. Il avait montré, en outre, que, à partir de 10^{-5}, l'acide indol-β acétique (AIA) diminuait le nombre de bourgeons formés et que, à 10^{-4}, il bloquait complètement leur formation. Ultérieurement j'ai montré que la faculté de former des bourgeons tend à diminuer en automne au point de disparaître totalement en hiver (2) et que l'adénine et l'inositol avaient une action positive (3).

(1) *Comptes rendus*, 210, 1940, p. 632.
(2) *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 529.
(3) *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 815.

En examinant, pendant les années postérieures aux prélèvements effectués en été, les ormes ayant subi ces prélèvements, j'ai constaté que, en aucun cas, il ne s'était formé de pousses sur les bords des tissus sectionnés.

Plus récemment, je suis parvenu à repiquer ces tissus ([4]) sur un milieu contenant 10^{-6} d'acide α-naphtylacétique. Ils forment un grand nombre de racines et cette propriété subsiste pendant au moins quatre repiquages consécutifs.

2. *Formation de racines par le tissu cambial de* Betula verrucosa *Gaertn. et* Tilia parvifolia *Gaertn.* — Le tissu cambial de *B. verrucosa* prélevé sur l'arbre ne forme pas de racines, mais, lors des deux premiers repiquages, la moitié des cultures environ en émet en abondance ([4]). Tout récemment j'ai constaté le même phénomène chez *T. parvifolia* : aucune racine n'apparaît sur les premiers isolements, même en présence d'AIA à 10^{-4}. Deux séries de repiquages ont été effectuées : sur acide dichlorophénoxyacétique à 10^{-6} 4 cultures sur 20, sur AIA à 10^{-1} toutes les cultures, ont émis de nombreuses racines.

Autres essences. — Les cultures de *Quercus sessiliflora* Sm., *Q. pedunculata* Ehr., *Q. suber* L., *Castanea vesca* Gaertn., *Fagus sylvatica* L., *Carpinus betulus* L., *Acer pseudoplatanus* L., *Abies Nordmanniana* L., *Picea excelsa* Link., *Populus Tremula* L. n'ont jamais formé de racines même après repiquage. C'est le cas en particulier de la souche de *C. vesca*, repiquée 28 fois et qui a servi à de nombreuses expériences sur des milieux très variés.

L'ensemble de ces faits semble indiquer :

1° Que chez *U. campestris* la formation des bourgeons est inhibée par des facteurs non synthétisés par les tissus secondaires et qui disparaissent rapidement lorsque ces tissus (bois, liber et cambium) sont isolés de l'arbre, ce qui permet le développement de nombreux bourgeons 12 à 15 jours après l'isolement;

2° Que chez la même essence la formation des bourgeons exige la présence de facteurs (caulocalines), existant dans les tissus au moment du prélèvement, mais qui ne peuvent être synthétisés par ces tissus, de sorte qu'il ne se forme plus de bourgeons après repiquage;

3° Que chez *U. campestris*, *T. parvifolia*, *B. verrucosa*, il coexiste dans les tissus, au moment du prélèvement, des facteurs d'inhibition de la rhizogenèse, dont la concentration diminue au premier repiquage, et des facteurs rhizogènes (rhizocalines) dont la concentration reste, lors des premiers repiquages, suffisante pour provoquer la formation de racines, puis décroît progressivement au-dessous du seuil d'action.

Chez ces espèces la rhizogenèse semble donc dépendre de deux facteurs ou groupe de facteurs antagonistes. Ce mécanisme expliquerait la possibilité de bouturer des pousses non aoutées, mise en évidence par Komissarov

([4]) *Comptes rendus*, 240, 1955, p. 557.

pour le pin sylvestre et par Muhle Larsen pour diverses essences dont les pousses aoutées sont rebelles au bouturage, ainsi que la possibilité de bouturer les pousses adventives de Tremble développées sur des fragments de racines : au cours du développement de la jeune pousse, l'élaboration du ou des facteurs d'inhibition serait assez en retard sur celle des rhizocalines pour permettre, pendant une période souvent très courte (10 jours environ), la néoformation de racines.

Jusqu'à présent les recherches sur le bouturage ont été fondées sur le postulat des rhizocalines. Il semble maintenant que ce problème devrait aussi être considéré sous l'angle de la neutralisation ou de l'élimination de facteurs d'inhibition, dont la nature nous est d'ailleurs entièrement inconnue.

ALGOLOGIE. — *Sur la végétation sous-marine de la Manche d'après des observations en scaphandre autonome.* Note (*) de M. **Julius Ernst**, présentée par M. Roger Heim.

L'étude de la végétation sous-marine de la Manche a été entreprise au cours de plongées en scaphandre autonome, dans les environs de Roscoff. Différents groupements ont été étudiés à l'aide de nombreux relevés phytosociologiques, leur répartition précisée par des profils verticaux et leurs variations saisonnières mises en évidence.

La végétation marine au-dessous du niveau des plus basses mers ne peut être étudiée en détail par dragages. Seule la plongée sous-marine permet à l'observateur : 1° de choisir avec précision la station à étudier et de l'observer à différentes reprises; 2° de prélever la totalité de la végétation pour une étude qualitative et quantitative; 3° d'effectuer sur place des mesures écologiques de température, d'éclairement, etc. C'est ce que j'ai tenté de réaliser sur les fonds sous-marins de la Manche, aux environs de la Station Biologique de Roscoff, à l'aide de scaphandres autonomes du type Cousteau-Gagnan, en traçant plusieurs profils depuis le o des cartes jusqu'à la limite inférieure de la végétation et en effectuant des relevés selon les méthodes phytosociologiques.

On sait déjà que les fonds rocheux de la Manche, au-dessous du niveau des plus basses mers, sont couverts d'une végétation dense de Laminaires, qui s'étend des faibles profondeurs [1] jusqu'à 15 à 25 m [2] selon les conditions locales. Ces peuplements comprennent trois espèces : *Laminaria digitata* (L.) Lam., *L. hyperborea* (Gunn.) Fosl. et *L. ochroleuca*

(*) Séance du 10 octobre 1955.

(1) J. A. Kitching, T. T. Macan et H. C. Gilson, *J. Mar. biol. Ass. U. K.*, 19, 1934, p. 677.

(2) *C. R. Som. Soc. Biogéogr.*, 227, 1949, p. 46.

La Pyl. Tandis que la première espèce forme des groupements seulement près du niveau des basses mers, *L. hyperborea* constitue, par contre, des peuplements infralittoraux très étendus, étant associé en général au *Saccorhiza polyschides* (Lightf.) Batt. et au *Laminaria ochroleuca*. Cette dernière espèce ne domine que dans certaines stations profondes. Je ne puis que confirmer les observations faites, en profondeur, par P. Drach (²) sur l'ensemble de ces peuplements, leur densité et leur répartition.

Je me suis intéressé plus particulièrement à la sous-strate végétale fixée sur la roche entre les haptères de Laminaires et tout à fait inaccessible à la drague. Elle est en général riche en espèces et en individus et sa composition floristique globale est assez constante. On y trouve des espèces telles que : *Callophyllis laciniata* (Huds.) Kütz., *Phyllophora epiphylla* (Müller) Batt., *P. palmettoides* J. Ag., *Kallymenia reniformis* (Turn.) J. Ag., *Meredithia microphylla* J. Ag., *Plocamium coccineum* (Huds.) Lyngb., *Halopteris filicina* (Gratel.) Kütz., *Pterosiphonia parasitica* (Huds.) Falkenb., etc., mais jusqu'à quelques mètres au-dessous du o, le *Delesseria sanguinea* (L.) Lam. domine nettement, tandis que, plus bas, l'*Heterosiphonia plumosa* (Ellis) Batt. devient l'espèce dominante. Le nombre des individus et des espèces est d'ailleurs plus grand dans les stations où l'agitation de l'eau est élevée que dans les stations plus calmes, à l'intérieur des baies.

Lorsque l'inclinaison de la roche devient plus forte, les Laminaires disparaissent et les parois rocheuses à vive pente, verticales ou en surplomb, sont tapissées de *Petroglossum nicæense* (Duby) Schotter et de *Rhodymenia pseudopalmata* (Lam.) Silva. Le recouvrement végétal dans ce peuplement est souvent assez faible et les animaux fixés deviennent en général beaucoup plus apparents.

Au-dessous des Laminaires, la végétation algale est peu variée et disparaît assez vite. Je distingue actuellement deux types de peuplements : l'un où domine tantôt le *Dictyopteris membranacea* (Stackh.) Batt., tantôt le *Dictyota dichotoma* (Huds.) Lam., l'autre caractérisé par la dominance du *Calliblepharis ciliata* (Huds.) Kütz. Le premier semble préférer des fonds de roche couverte de sédiments et comprend fréquemment entre autres *Desmarestia viridis* (Müller) Lam., *Dilophus spiralis* (Mont.) Hamel et *Taonia atomaria* (Woodw.) J. Ag.; dans le deuxième on peut trouver parfois le *Carpomitra costata* (Stackh.) Batt. et le *Desmarestia dudresnayi* Lam.

Plus profondément, c'est-à-dire au-dessous de 15 à 25 m, selon les stations, la végétation devient plus clairsemée et les algues, d'abord isolées ou en petits groupes, disparaissent progressivement, mais subsistent cependant en eau claire jusqu'à 45 m (île de Batz).

Au cours de plus de 100 plongées effectuées à toutes les saisons, j'ai

pu constater que si les Laminaires ne présentent pas, au cours de l'année, des variations d'aspect considérables, il n'en est pas de même pour la végétation qui se développe dans leur ombre en sous-strate, ou plus profondément. Celle-ci est surtout bien développée en été et comprend alors beaucoup d'espèces annuelles qui font défaut en hiver où seules persistent les espèces pérennantes. La plupart de ces dernières sont d'ailleurs peu apparentes à cette saison, car elles sont alors dépourvues de leurs frondes assimilatrices et réduites à leur tronc vivace ou à des stolons. C'est le cas, par exemple, du *Delesseria sanguinea*, de l'*Heterosiphonia plumosa*, du *Dictyopteris membranacea* et aussi du *Calliblepharis ciliata*, considéré jusqu'ici comme annuel, mais qui persiste pendant l'hiver par ses stolons rampants, d'où naissent, au printemps, de nouvelles frondes dressées. Cet arrêt hivernal de la végétation de la sous-strate des Laminaires et des plus grandes profondeurs est en rapport avec les conditions défavorables qui règnent alors et principalement avec la faible intensité lumineuse.

CHIMIE AGRICOLE. — *Sur l'origine des carences en cuivre des sols de Bretagne.* Note de M. **Marcel Coppenet** et Mme **Janine Calvez**, présentée par M. Maurice Lemoigne.

Les carences en cuivre observées sur certains sols de Bretagne ont pour cause une déficience originelle des minéraux constituant les roches éruptives.

Nous avons signalé en 1952 [1], l'existence d'une grave déficience cuprique de certains sols de Bretagne qui rend impossible la culture de diverses plantes et en particulier du blé, de l'orge, de l'avoine, du trèfle violet et des petits pois. Les essais curatifs effectués tant en plein champ qu'en vases de végétation ont montré qu'il était nécessaire d'enfouir des quantités de sulfate de cuivre de l'ordre de 25 à 50 kg/ha pour obtenir des récoltes normales. La pulvérisation de céréales carencées à l'aide de solutions à 0,5 ou 1 ‰. de SO_4Cu, $5\,H_2O$ provoque une légère amélioration de la végétation mais ne guérit pas complètement la plante même si l'on répète deux fois le traitement au cours de la végétation d'une orge de printemps par exemple. Les sols intéressés sont riches en matières organiques (perte au feu voisine de 100 ‰, azote total 4,5 à 5 ‰), pauvres en éléments fins (argile 10 à 15 %, limon 10 à 15 %) et pauvres en éléments fertilisants (P, K, Ca, Mg) à l'origine mais plus ou moins enrichis par les pratiques culturales.

La prospection faite à ce jour indique l'existence de cette déficience exclusivement sur sols granulitiques mis en culture depuis un temps rela-

(1) M. Coppenet et E. Jolivet, *C. R. Acad. Agr.*, 38, 1952, p. 691.

tivement court (inférieur à 50 ans) et naturellement dans les exploitations où l'on n'a pas ou très peu utilisé les bouillies anticryptogamiques à base de cuivre. Trois pulvérisations de bouillie bordelaise à 1 % de SO_4Cu et à raison de 800 à 1000 l/ha peuvent, en effet, apporter le cuivre qui fait défaut.

Voici le résultat de dosages de cuivre dans les sols et les roches de diverses localités :

Cuivre total. — La méthode de destruction nitro-perchlorique a été adoptée, suivie d'une détermination colorimétrique par un réactif bien spécifique de l'ion Cu, le 2-2′ biquinolyl (²). La reprise fluorhydrique du résidu resté sur le filtre donne un supplément de Cu allant de 0 à 1 p. p. m. quelle que soit la teneur du sol, ce qui permet d'exclure l'existence d'une forme de cuivre liée aux silicates.

Cuivre du sol extrait par les réactifs faibles. — Ni le réactif acéto-acétique Barbier-Morgan, ni l'acide nitrique N/25 n'extraient de cuivre des sols bretons, mais au contraire, au sein de ces réactifs la terre fixe les ions Cu présents. L'acide nitrique N/10 fait passer très peu de cuivre en solution (0 à 2 p. p. m. selon la richesse du sol) tandis que l'acide nitrique N, à froid, extrait de 5 à 25 % du cuivre total selon la richesse et le temps d'agitation. Un acide minéral normal est un réactif déjà violent qui dissout une quantité appréciable de matière organique; la fraction des métaux passant en solution dans ces conditions sera mal définie et comme les observations culturales corroborent le résultat des dosages de cuivre total, nous employons actuellement ce dosage pour présumer de la capacité d'un sol à fournir le cuivre aux végétaux.

	Cu total.
Parcelles carencées sur granulite..................	3 à 5,5 p. p. m.
» non carencées contiguës..................	8 à 15 »
» » » de diverses localités........	20 à 50 »

La très faible teneur du sol des parcelles carencées, en comparaison aux parcelles normales, montre qu'il s'agit d'une véritable carence en cuivre total plutôt que d'un blocage de l'élément.

Conclusions. — La richesse en cuivre des sols est sous l'étroite dépendance de la richesse en cuivre des roches mères correspondantes, aussi les déficiences cupriques rencontrées en Bretagne ont pour cause un défaut originel des minéraux constituant les roches éruptives. Le blocage possible de l'ion Cu par l'humus du sol ne semble pas jouer ici un rôle prépondérant. C'est toujours dans les régions granitiques que l'on rencontre cette déficience qui interdit la production de récoltes normales tant que l'on n'a pas apporté l'équivalent de plusieurs kilogrammes de Cu par hectare. Le

(²) M. Coppenet, G. Ducet, J. Calvez et J. Bats, *Ann. Agron.*, 4, 1954, p. 597.

seigle, la pomme de terre et le sarrasin ne souffrent pas aussi fortement de la carence en cuivre que les autres récoltes, ce qui explique, tout au moins partiellement, les cultures traditionnelles de la Bretagne. Les zones granitiques et granulitiques représentent environ le dixième des territoires des trois départements : Finistère, Côtes-du-Nord, Morbihan. Pour les terres cultivées depuis des siècles, la répétition des fumures minérales et des apports de calcaires marins, l'enfouissement de débris végétaux provenant de sols voisins ou enfin les bouillies cupriques expliquent la fourniture d'une quantité suffisante du métal faisant défaut.

Le cuivre des sols et roches est totalement extrait par le mélange nitro-perchlorique sans qu'il soit nécessaire d'y adjoindre une attaque fluorhydrique. La teneur en cuivre total d'un sol permet de distinguer les sols déficients de ceux qui assurent une alimentation normale des végétaux.

Sols non cultivés et roches mères correspondantes
Cu *total.*

		Sol (p. p. m.).	Roche (p. p. m).
Ploneis (Finistère)	Granulite	3	4,5
Kerfeunteun (Finistère)	»	4,5	5,5
Le Faouët (Morbihan)	»	3,5	3,5
Langolen (Finistère)	»	4	6
Loguivy-Plougras (Côtes-du-Nord)	»	3 et 4,5	–
Huelgoat (Finistère)	Granite	3	5,5
Plounéour-Ménez (Finistère)	»	6	4,5
Glomel (Côtes-du-Nord)	Granite porphyroïde	7,5	4
Brasparts (Finistère)	Grès dévoniens	2,5	5,5
Kerfeunteun (Finistère)	Schistes micacés	35	45
Pleyben (Finistère)	Schistes de Chateaulin, *c*	10,5	16,5
Carnaix (Finistère)	» »	25	36,5
Le Saint (Morbihan)	Schistes de Gourin micacés	18,5	32,5
Loguivy-Plougras (Côtes-du-Nord)	Schistes précambriens	47	–
Quimper (Finistère)	Gneiss	37,5	37,5

NEUROPHYSIOLOGIE. — *Activités électriques fractionnées observées dans des cellules ganglionnaires de l'Escargot* (Helix pomatia). Note de M. **Ladislav Tauc**, présentée par M. Robert Courrier.

Nous avons récemment décrit divers aspects de l'activité, soit spontanée, soit provoquée, de la cellule nerveuse du ganglion abdominal de l'Aplysie ([1]), ([2]), ([3]), ([4]). Depuis ce travail, nous avons pu mettre en

(*) Séance du 10 octobre 1955.
([1]) L. Tauc, *Comptes rendus*, 239, 1954, p. 1537.
([2]) L. Tauc, *Comptes rendus*, 240, 1955, p. 672.
([3]) L. Tauc, *J. Physiologie*, 47, 1955, p. 286.
([4]) L. Tauc, *J. Physiologie*, 47, 1955 (sous presse).

évidence des phénomènes comparables dans les cellules nerveuses de la masse pédio-viscérale de l'Escargot (*Helix pomatia*). Bien que les plus grosses de ces cellules aient un diamètre nettement inférieur à celui des cellules d'Aplysie (environ 100 μ au lieu de 400-800 μ), il est facile d'y introduire deux microélectrodes jumelées ayant chacune un diamètre terminal global inférieur à 1 μ et dont un canal sert à faire varier à volonté le potentiel de membrane et l'autre à déceler simultanément les variations de potentiel caractéristiques de l'activité cellulaire. La technique générale d'expérimentation est identique à celle décrite précédemment ([4]). Dans ces conditions, on peut mesurer un potentiel de membrane de l'ordre de 30-50 mV et un potentiel d'action d'une amplitude de 70-100 mV. La grande majorité de ces cellules montre une activité spontanée, comme chez l'Aplysie.

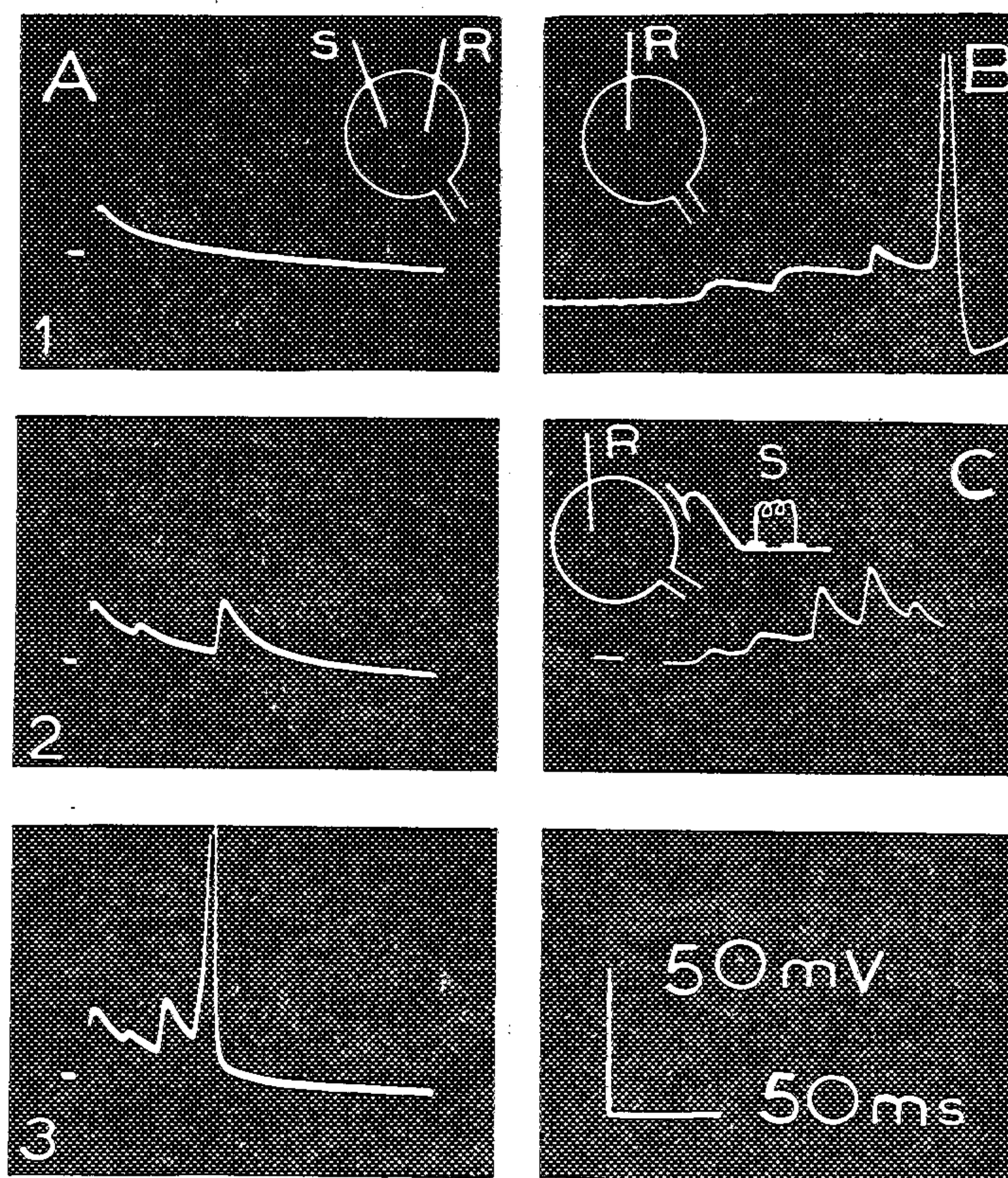
L'activité spontanée se présente soit comme une succession de pointes, soit comme une activité oscillatoire de base, soit enfin comme constituée d'éléments d'amplitude constante, mais toujours inférieure à celle de la pointe, et que nous avons nommés pseudo-pointes. Souvent, pendant l'autoactivité, l'onde de pointe perd son homogénéité et débute par une ou plusieurs pseudo-pointes (*fig.* B). Cette dissociation entraîne une baisse d'amplitude de la pointe, montrant que la pseudo-pointe est un élément constitutif de celle-ci.

Il est possible de mettre en évidence le même phénomène en stimulation directe par électrode intracellulaire, et dans une marge très étroite d'intensités au voisinage du seuil. Après un stimulus bref juste liminaire apparaissent, suivant l'intensité, une ou plusieurs pseudo-pointes qui se superposent et qui peuvent engendrer une vraie pointe (*fig.* A). Les différentes pseudo-pointes sont identifiables d'un enregistrement à l'autre, gardent une amplitude relative constante, et leur apparition est du type « tout ou rien ».

Nous retrouvons enfin les pseudo-pointes dans la réponse de la cellule à l'activation par voie synaptique (*fig.* C); elles sont alors tout à fait comparables à celles que nous obtenons après un stimulus direct intracellulaire : on ne peut donc pas les assimiler à des potentiels post-synaptiques. Ces derniers, difficiles à obtenir à l'état pur, semblent, comme chez l'Aplysie, se prolonger sur une durée beaucoup plus longue (au moins 10-15 fois celle de la pseudo-pointe).

Dans l'intention d'expliquer ces phénomènes intermédiaires, nous proposons une théorie, appuyée sur une large documentation expérimentale, qui considère les pseudo-pointes comme des réponses locales « tout ou rien », mais n'intéressant qu'une zone limitée de la surface cellulaire. Nous considérons cette réponse locale comme un potentiel d'action non propagé, ayant en son lieu d'origine des caractéristiques

comparables à celles d'un potentiel d'action normal. En enregistrement intracellulaire, son amplitude semble plus faible en raison de son caractère local et des conditions de réception. Sa plus longue durée, dépassant de beaucoup celle de la pointe propagée, est probablement due à la prolon-



Quelques exemples de l'apparition de pseudo-pointes dans différentes conditions d'activation de la cellule nerveuse ganglionnaire de l'Escargot (S, stimulation; R, électrode réceptrice intracellulaire).

A. En stimulation directe par électrode intracellulaire.

Intensités croissantes dans l'ordre 1-2-3. En 1, le potentiel électrotonique seul.

B. En autoactivité, on a isolé un élément (complexe) d'un train d'activité rythmique.

C. En stimulation indirecte par la voie orthodromique.

gation de son cours normal par des effets électrotoniques qu'il crée dans le reste de la cellule. Pour expliquer la non-propagation, nous supposons que dans certaines conditions de polarisation la membrane active de la cellule se trouve fonctionnellement divisée en un certain nombre de zones distinctes, ayant chacune leur niveau d'excitabilité propre. Un stimulus liminaire peut déclencher la réponse totale d'une de ces zones, réponse qui peut se transmettre ou non vers les zones voisines, suivant leur état d'excitabilité momentanée. Si toutes les zones sont excitées, soit simultanément, soit par recrutement, continu ou discontinu, de zones actives

à partir d'un foyer d'origine, la réponse totale sera un potentiel d'action propagé vers l'axone. Elle résultera de l'ensemble plus ou moins fusionné des réponses des différentes zones.

Il semble ainsi que dans les cellules ganglionnaires de l'Escargot comme de l'Aplysie, la pseudo-pointe soit l'expression d'une hétérogénéité et d'une complexité fonctionnelles de la membrane active du soma, dont l'excitabilité globale dépend à chaque instant de la réactivité des différentes parties de sa surface et de leurs interactions électriques.

PSYCHOPHYSIOLOGIE. — *L'influence des ovaires sur l'activité de construction chez les Polistes (Hyménoptères Vespides).* Note de M. **Édouard-Ph. Deleurance**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

Les recherches sur l'activité bâtisseuse d'origine « interne » (1) des Polistes nous ont amené à soupçonner les ovaires de jouer un rôle dans le comportement de construction. En effet, l'ensemble de nos observations suggérait que la présence d'ovaires mûrs était une condition *nécessaire* (bien que non suffisante) pour que se manifestat chez la Guêpe une activité bâtisseuse « spontanée » (1). Une épreuve s'imposait : l'étude du comportement des sujets castrés. Selon nos vues (1), ces individus ne devaient plus présenter d'activité bâtisseuse d'origine « interne ». Par contre, devait subsister la construction d'origine « externe » (1).

Huit *femelles* (*P. gallicus*) de nos élevages, choisies parmi les plus actives, subirent l'ovariectomie (ressection au niveau des pédicelles ovariolaires) cinq jours *après* la fondation de leur nid (2 nids bigynes, 4 nids monogynes). Elles cessèrent aussitôt de bâtir. Lorsque le couvain larvaire fit son apparition la construction reprit. Une fois ce couvain operculé le travail cessa complètement. Nous effectuâmes à ce moment un contrôle en remplaçant les nids par d'autres, possédant des larves : les Guêpes reprirent alors leur activité cartonnière. Nous réalisâmes également une autre expérience de contrôle de la manière suivante. Cinq femelles (*P. gallicus*) furent ovariectomisées *avant* la fondation du nid. Elles n'eurent pareillement aucune activité cartonnière (donc pas de fondation de nid) sauf en présence de larves. Tous ces résultats sont conformes aux prévisions : notre distinction méthodologique entre les activités bâtisseuses d'origine « interne » et « externe » y trouve ainsi une base physiologique valable.

En ce qui concerne les *modalités* de la construction nous avons constaté la persistance, chez les femelles castrées, des façons cartonnières caracté-

(1) *Analyse du comportement bâtisseur chez* Polistes [*Coll. Int. sur l'Instinct. Fondation Singer-Polignac*, 1954 (sous presse)].

ristiques (*Cpd*, *CC*, C_1) de l'activité « spontanée » ([2]). Ceci prouve l'indépendance du *thème* cyclique ([2]) à l'égard des ovaires mais ne renseigne évidemment pas sur le problème des rapports exacts entre les façons cartonnières des activités d'origine « interne » et « externe ».

En définitive, les expériences précédentes nous conduisent à deux conclusions : chez le Poliste, 1° la *récolte* cartonnière dépend de deux sources de stimuli : l'une, d'origine « interne », est en étroite liaison avec la physiologie ovarienne; l'autre, d'origine « externe » est en rapport avec le couvain larvaire; 2° la récolte du carton et la construction proprement dite forment deux segments de comportement indépendants.

Il est probable que ces propriétés du comportement bâtisseur expliquent pour quelle raison *la règle des cellules libres* ([3]) s'applique toujours *imparfaitement* quand le gâteau contient du couvain *actif* (larves). On conçoit de même que la Guêpe castrée (ou très peu féconde) ne manifestera d'activité pédicellaire *Cpd* ou cellulaire *CC* que *si* le nid contient des larves.

Lors de nos premiers travaux sur les Polistes nous commettions une erreur en concluant « à l'indépendance de l'état ovarien et de la fondation du nid » ([4]). Cette erreur — nous pensons pouvoir l'expliquer aujourd'hui — provient du fait qu'une femelle peu féconde, *malgré des ovaires mûrs*, se comporte à la manière d'une femelle ovariectomisée. Il existe vraisemblablement un seuil minimum de stimulation pour que la récolte cartonnière se déclenche ([5]). L'absence de fondation de nid aurait donc pour cause une insuffisance ovarienne affectant le seul comportement de la récolte du carton. Nous devons également corriger une opinion antérieure relative « à l'indépendance du comportement reproducteur vis-à-vis des ovaires » ([6]). Cette interprétation est partiellement inexacte en ce qui concerne la construction. A l'époque nous expérimentions sur des *ouvrières* ovariectomisées. Or d'une part ces individus sont fréquemment stériles : la castration ne modifiait donc pas leur comportement. Et d'autre part la présence constante de larves dans le gâteau *masquait* l'action éventuelle des ovaires sur l'activité bâtisseuse des sujets fertiles.

La mise en évidence du rôle très subtil des ovaires dans la construction, qui concilie des observations en apparence contradictoires, montre toute la valeur de la méthode des approximations successives, qui permet une

---

([2]) Ces façons restent toujours peu fréquentes, comme dans l'activité bâtisseuse d'origine « externe » des guêpes normales.

([3]) *Analyse du comportement bâtisseur chez* Polistes. (*Coll. Int. sur l'Instinct. Fondation Singer-Polignac*, 1954).

([4]) *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 514.

([5]) *Analyse du comportement bâtisseur chez* Polistes (*Coll. Int. sur l'Instinct. Fondation Singer-Polignac*, 1954).

([6]) *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 866.

analyse de plus en plus précise des phénomènes complexes du comportement.

Signalons, pour terminer, qu'au point de vue de la dominance sociale [selon Pardi (7)] nous n'avons pas observé, dans ces expériences, de changements d'attitude significatifs chez les castrats. Notamment, l'évolution des sujets vers l'agressivité lors de l'apparition du couvain *abortif* fut tout à fait normale.

ANATOMIE COMPARÉE. — *Sur la résorption des racines des dents temporaires.* Note de Mlle **Madeleine Friant**, présentée par M. Émile Roubaud.

La chute des dents temporaires est la conséquence de la résorption de leurs racines. Chez l'Homme, comme de multiples observations l'établissent, cette résorption est liée à la présence, à un niveau plus profond, des dents permanentes correspondantes. Mais, jusqu'ici, le mécanisme de cette résorption n'était nullement expliqué.

Les recherches que j'ai poursuivies, grâce à M. le Professeur Fèvre, au Laboratoire de la Clinique chirurgicale de l'Hôpital des Enfants Malades, me permettent de jeter quelque lumière sur ce problème.

Des coupes minces antéro-postérieures des mâchoires d'un Lapin (*Oryctolagus cuniculus* L.) nouveau-né montrent que, sous la deuxième molaire de lait inférieure, par exemple, existe déjà le follicule de la dent de remplacement, la deuxième prémolaire (*fig.* 1). Fait remarquable, qui n'avait pas encore été signalé, ce follicule dentaire est entouré d'une « ZONE PÉRIDENTAIRE » constituée, de dedans en dehors, par :

1. l'épithélium externe du sac dentaire;
2. *la gelée péridentaire*, avec un réseau de cellules conjonctives lâches, très comparables aux cellules de la gelée de l'émail du sac dentaire;
3. *le stratum péridentaire*, formé de cellules conjonctives aplaties, en contact avec les travées osseuses du maxillaire, d'une part, la base des racines de la molaire de lait, d'autre part.

Au niveau des RACINES DE LA MOLAIRE DE LAIT, le *stratum péridentaire* est épais; il comporte plusieurs couches de cellules, dont les externes deviennent de véritables « *odontoclastes* », de contour arrondi ou irrégulier, qui se constituent des fossettes dans l'ivoire de la racine et aussi des cavités plus vastes, comparables aux lacunes de Howship de l'os; mais ces cellules, par leur origine comme par leur constitution, ne sont nullement des myéloplaxes, comme on l'avait longtemps supposé.

En même temps, à la face supérieure des racines de la dent de lait infé-

(7) *Boll. Instit. Entom. Univ. Bologna*, 15, 1946, p. 25-84.

rieure, prise comme exemple, les *odontoblastes*, encore bien visibles contre l'ivoire, se transforment, eux aussi, en *odontoclastes* allongés, arrondis ou irréguliers. A ce stade, leurs cavités rejoignent, par endroits, celles des odontoclastes du *stratum* péridentaire, venus de la face inférieure des racines.



Lapin (*Oryctolagus cuniculus* L.) nouveau-né, provenant du Centre d'élevage du Parc Zoologique de Vincennes, que dirigent M. le Professeur A. Urbain et Mlle M.-A. Pasquier. Coupe antéro-posterieure du follicule dentaire d'une prémolaire inférieure et de la région radiculaire de la molaire de lait correspondante. Les racines de la molaire de lait sont en voie de résorption, sous l'action des odontoclastes, venus, les uns, de la zone péridentaire de la prémolaire (face inférieure), les autres, de la face supérieure de la racine elle-même : ce sont des odontoblastes transformés.
30 fois grandeur naturelle.

Les odontoclastes qui dérivent des odontoblastes, arrivés à l'intérieur de l'ivoire, se distinguent à peine des odontoclastes originaires du *stratum* péridentaire. De nombreux capillaires irriguent les régions cellulaires proches de l'ivoire en cours de résorption.

En résumé, la ZONE PÉRIDENTAIRE, décrite, ici, pour la première fois, existe autour du follicule des prémolaires du Lapin et caractérise, sans aucun doute, les dents de remplacement, au cours de leur évolution, chez tous les Mammifères et l'Homme lui-même. C'est l'activité de sa région externe, le « *stratum péridentaire* », qui déclenche la résorption des racines, puis la chute des dents temporaires.

En effet, la résorption de ces racines dentaires se produit sous l'action de deux sortes d'éléments :

1. Des *odontoclastes* originaires du « *stratum péridentaire* » de la dent de remplacement qui détruisent la paroi d'ivoire, en commençant sur sa face inférieure ou externe (pour une dent inférieure, par exemple).

2. Des *odontoblastes* de la racine de la dent de lait qui, certainement

influencés par les odontoclastes du *stratum péridentaire*, se dissocient et deviennent, eux aussi, des *odontoclastes :* leur action s'exerce, d'abord, sur la face supérieure ou interne de la paroi (pour une dent inférieure).

Les deux séries d'odontoclastes finissent par détruire la racine, formée uniquement d'ivoire, dans le cas étudié.

Au point de vue cytologique, il faut souligner un fait remarquable concernant les dents de lait : les mêmes éléments cellulaires, les odontoblastes, contribuent à élaborer l'ivoire des racines, puis à le détruire, lorsqu'ils sont transformés en odontoclastes.

Ces recherches, bien qu'ayant trait à la dentition d'un Rongeur seulement, ont, sans aucun doute, une portée très générale. Elles ont fait l'objet d'une Communication au XIVe Congrès français de Stomatologie (Paris, 8 octobre 1955).

ENTOMOLOGIE. — *Sur la morphologie et la biologie larvaire de* Speonomus infernus D. Note de Mlle **Sylvie Glaçon**, présentée par M. Pierre P.-Grassé.

Les observations effectuées au Laboratoire sur la morphologie et la biologie des larves de *Speonomus infernus* D. nous conduisent à classer ces larves dans le type *delarouzeei* précédemment défini ([1]).

En effet, 1° leur morphologie, décrite par R. Jeannel ([2]), présente les caractéristiques du type : rétinacle et prostheca à la mandibule; cerques multiannelés, ciliés; soies composées. Contrairement aux observations de H. Coiffait qui écrit ([3]) : « Chez *Speonomus infernus*, les macrochètes simples sont un caractère de la larve du deuxième âge. Les macrochètes composés n'apparaissent que chez la larve adulte » ([4]), les macrochètes composés existent à *tous* les stades.

2° L'évolution larvaire, comme celle de *Speonomus delarouzeei* F. comprend deux périodes. Au début se place une *période de croissance* ([5]) au cours de laquelle la larve mène une vie libre, se nourrit et mue une fois. Suit alors une *période de diapause* que la larve passe sans manger, d'abord en vie libre, puis en logette. A son terme, elle se transforme *directement* en nymphe. Il n'y a donc qu'une seule mue, soit deux stades larvaires.

Au Laboratoire, l'étude détaillée du cycle évolutif se présente comme

---

([1]) S. Glaçon, *Comptes rendus*, 240, 1955, p. 679.

([2]) *Arch. Zool. Exp. et gen.*, 5e série, 1, 1909, p. 509.

([3]) *Ier Congrès International de Spéologie*, 1953 (à paraître).

([4]) Cette déclaration est ambiguë car quel genre de macrochètes possède alors la larve du premier âge?

([5]) Période active (*Comptes rendus*, 240, 1955, p. 679).

suit. Dès son éclosion, la jeune larve se montre très active et se nourrit abondamment durant les 20 premiers jours. Elle construit alors une demeure provisoire (*logette de mue*) ([6]) où elle reste une dizaine de jours, et mue. Le premier âge de la larve dure ainsi 30 jours en moyenne. Sortant de sa logette, la larve du deuxième âge mène à nouveau une vie libre et s'alimente encore pendant 10 à 15 jours. Ceci nous amène à la fin de la *période de croissance* (durée : 40 à 45 jours).

A ce moment, la larve entre en *diapause* (*période de diapause*). Pendant 50 à 110 jours, elle mène une vie libre *mais ne s'alimente plus*. Ensuite, elle s'enferme dans une *logette de nymphose* ([7]). 20 à 60 jours après, la larve se transforme en nymphe. Le deuxième âge dure par conséquent de 130 à 140 jours et la période de diapause 120 à 130 jours.

Tableau récapitulatif concernant cinq individus.

		Larve.										
		Période de croissance.										
		1re période.			2e période.		Période de diapause.					
Œuf (*).	N°	Vie libre. Alimentation.	Logette de mue (sans nourriture).	Total.	Vie libre. Alimentation.	Total.	Vie libre (sans nourriture).	Logette de nymphose (sans nourriture).	Total.	Total général.	Nymphe.
60 à 100	1.....	21	10	31	14	45	61	60	121	166	Morte
	2.....	20	10	30	10	40	82	55	137	177	Morte
	3.....	22	7	29	11	40	115	21	136	176	Fixée au Bouin
	4.....	15	16	31	14	45	48	60	108	153	71
	5(**)..	23	6 (libre)	29	12	41	125	0	125	166	?

(*) Durées chiffrées en jours.

(**) Dans l'impossibilité de construire de logettes, faute de matériaux, la larve a effectué *librement* sa mue et sa nymphose. Élevage au laboratoire (+10°C, hygrométrie 100 %).

Notons que *Speonomus infernus* D. construit des logettes en surnombre aussi bien pendant la période de croissance que de diapause, alors que *S. delarouzeei* F. n'en construit que pendant la période de croissance.

Par ailleurs, nous constatons une autre particularité : chez *Speonomus infernus* D., le moment de la construction de la *logette nymphale* est sujet à de grandes variations.

Signalons pour terminer que nos observations concernant ce cycle évolutif ne concordent pas avec celles de H. Coiffait ([8]). Notamment,

([6]) *Logette provisoire* (*loc. cit.*).

([7]) *Logette définitive* (*loc. cit.*).

([8]) *Ier Congrès International de Spéologie*, 1953 (à paraître).

nous ne reconnaissons que deux stades larvaires, et d'autre part, avant d'entrer en logette nymphale, les larves ont toujours présenté une période pendant laquelle elles ne s'alimentent pas (début de la *période de diapause*).

BIOLOGIE. — *Les variations hypophysaires chez la Tortue d'eau algérienne :* Emys leprosa *Schw*. Note de M. **Charles Combescot** et M[lle] **Louise Guyon**, présentée par M. Robert Courrier.

L'un de nous a récemment décrit le cycle génital saisonnier de la tortue d'eau algérienne (¹); il est très caractéristique chez le mâle et chez la femelle. Avant d'aborder l'étude expérimentale, il était indispensable d'envisager la cytologie de l'hypophyse et ses variations éventuelles au cours de l'année.

Tortue femelle. — Chez l'animal impubère, dont la carapace dorsale a une longueur toujours inférieure à 13 cm et dont l'oviducte déroulé ne dépasse pas 6 cm, l'hypophyse est disposée en cordons cellulaires souvent creusés, en leur centre, d'une cavité pleine de colloïde basophile. Les cordons sont constitués de cellules acidophiles hautes et étroites. On remarque aussi la présence d'amas d'éléments presque dépourvus de tout cytoplasme et qui représentent peut-être des centres germinatifs (noyaux libres de Rogovitsch).

Au moment de la puberté, la colloïde basophile est plus abondante et l'acidophilie cellulaire plus accentuée.

L'oviducte peut mesurer de 35 à 60 cm de long, chez la femelle adulte. Celle-ci est au repos sexuel en janvier. Dès février, les ovaires entrent en activité; leurs œufs augmentent de taille; on isole aisément ceux dont le diamètre dépasse 6 mm; on peut ainsi en recueillir de 6 à 7 g par individu. A ce moment, l'acidophilie hypophysaire est irrégulière : certains éléments sont peu chargés, d'autres au contraire très hypertrophiés. Ce qui frappe surtout, c'est la basophilie, considérablement développée; elle est figurée par de volumineuses cellules; la colloïde basophile est abondante au centre des cordons.

Au mois de mars, le plein développement des ovaires est atteint; ils contiennent jusqu'à 35 g d'œufs, qui peuvent avoir chacun 16 ou 18 mm de diamètre. Ces œufs sont mûrs; ils vont quitter l'ovaire et être fécondés. L'acidophilie hypophysaire augmente, la basophilie diminue nettement.

Au mois de juin, on trouve dans les oviductes des œufs fécondés, entourés

(¹) C. Combescot, *Bull. Soc. Hist. Nat. Afrique du Nord*, 45, 1954, p. 366-377.

déjà d'une coquille. L'hypophyse ne possède plus de cellules basophiles. Les cellules acidophiles sont nombreuses, mais petites : la colloïde est devenue acidophile. Les éléments chromophobes apparaissent en nombre. A cette époque, l'hypophyse entière semble dégranulée.

La femelle est retournée au repos en octobre : son hypophyse renferme alors beaucoup d'éléments chromophobes entremêlés de cellules acidophiles peu chargées; il n'y a plus de colloïde et on remarque l'absence de basophiles.

Tortue mâle. — Chez l'adulte, les voies excrétrices du sperme contiennent, tout au long de l'année, des spermatozoïdes mûrs en abondance. Cependant, les tubes séminifères offrent un cycle saisonnier; ils ne forment pas de spermatozoïdes en mars, avril et mai. Or, au cours de cette période, les oviductes des femelles peuvent renfermer des gamètes mâles. On est ainsi amené à considérer que les éléments mâles, trouvés chez les femelles, proviennent d'une activité spermatogénétique ancienne.

En février, mars et avril, l'activité spermatogénétique est nulle. Les tubes renferment quelques spermatozoïdes, reliquat d'une spermatogénèse antérieure. La glande interstitielle est par contre bien développée. L'hypophyse possède des éléments acidophiles, hauts et étroits qui s'hypertrophient et se chargent de granulations à mesure que la saison s'avance. Cette acidophilie est forte en avril.

Au mois de mai, les prémices de la spermatogénèse nouvelle se manifestent, tandis que les cellules diastématiques sont encore volumineuses. On assiste dans l'hypophyse à l'effacement de l'acidophilie et à l'apparition de la basophilie.

Au mois de juin, le tube séminifère s'est enrichi en éléments cellulaires, bien que les spermatozoïdes ne soient pas encore formés. Les cellules interstitielles se flétrissent. L'hypophyse n'a plus d'élément basophile; les cellules acidophiles sont encore nombreuses, hypertrophiées; mais cette acidophilie diminue bien vite et l'on assiste à l'invasion chromophobe. Le testicule s'achemine vers le repos. Au cours de l'année entière, la colloïde est toujours très rare, infiniment moindre que chez les femelles, inexistante en février et juin.

Il est donc évident que l'hypophyse, chez les tortues mâles et femelles, présente des variations cytologiques saisonnières. Les éléments acidophiles et basophiles subissent des fluctuations. Le cycle des cellules basophiles est particulièrement caractéristique; leur activité semble en rapport chronologique avec le développement des œufs et celui de la spermatogénèse; mais peut-être pas avec celui de la glande interstitielle.

BIOLOGIE. — *Nouvelles régulations sociales dans les constructions d'*Apis mellifica. Note de M. **Roger Darchen**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

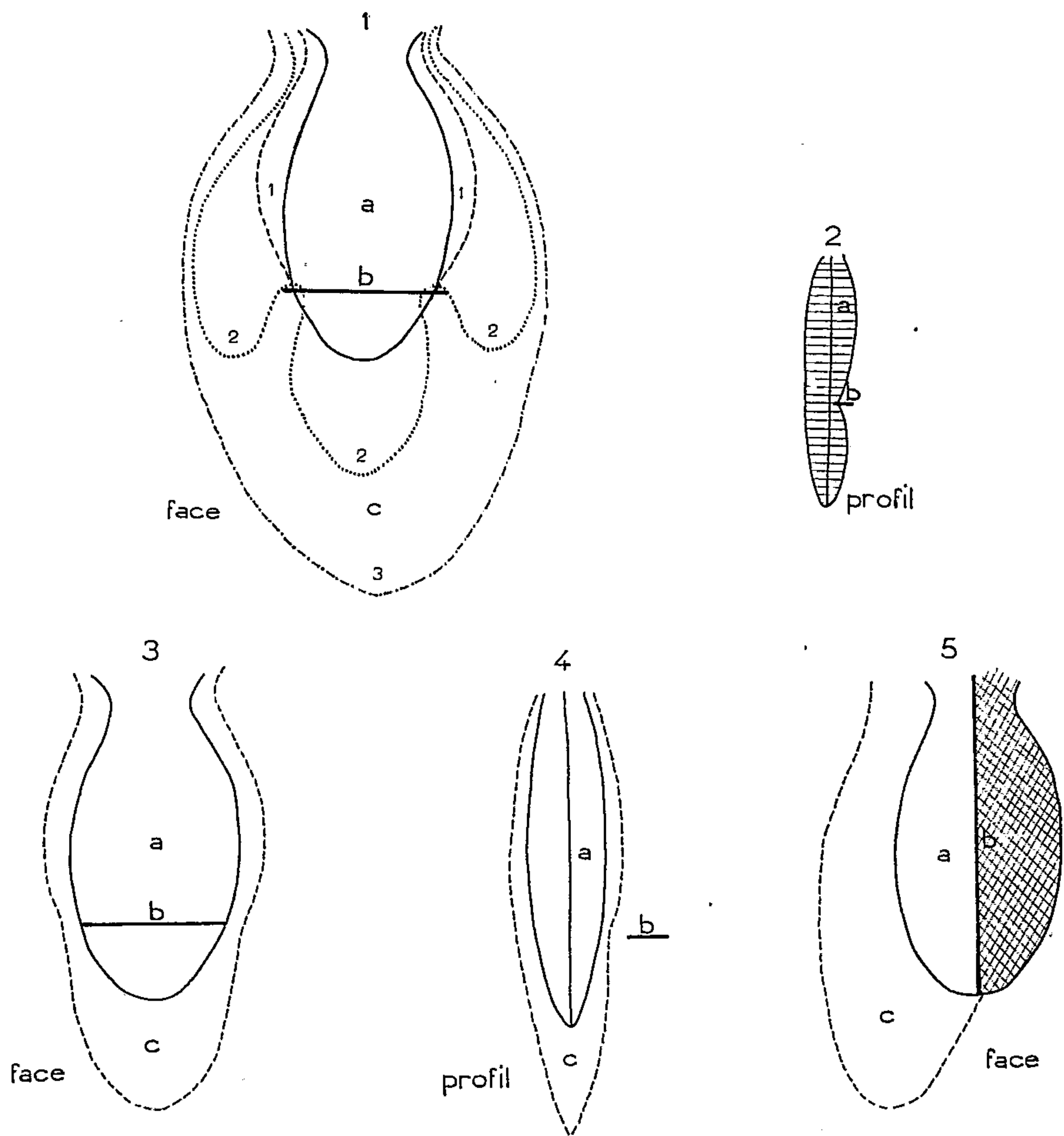
Après avoir étudié les régulations opérées lors du rétablissement du parallélisme des rayons de cire ou lors des réparations des brèches effectuées dans un rayon déjà construit, j'ai entrepris d'approfondir les régulations intervenant dans l'établissement de la forme des rayons.

A côté de la forme idéale ellipsoïde du rayon, on sait que bien souvent ce dernier, dans la nature, peut affecter des formes bizarres dont seule l'expérimentation permet de rendre compte. Gontarski, en 1949, a déjà signalé les résultats de l'action de la pesanteur et de la force centrifuge sur la forme des rayons. Je rapporte, ici, les résultats d'expériences opérées sur des rayons en construction. Ils ont été, d'ailleurs, obtenus d'une manière assez simple puisqu'elle consiste à insérer, à différents endroits, dans la cire ou au-dessus d'elle de légers obstacles (bois, cire, plaque métallique, grillage). *Or, ces derniers amènent souvent de très fortes perturbations* qui vont aider à déterminer le caractère essentiellement social de la construction des rayons chez l'Abeille, l'existence d'une *information* à travers le groupe des Abeilles cirières et quelques-unes de ses caractéristiques.

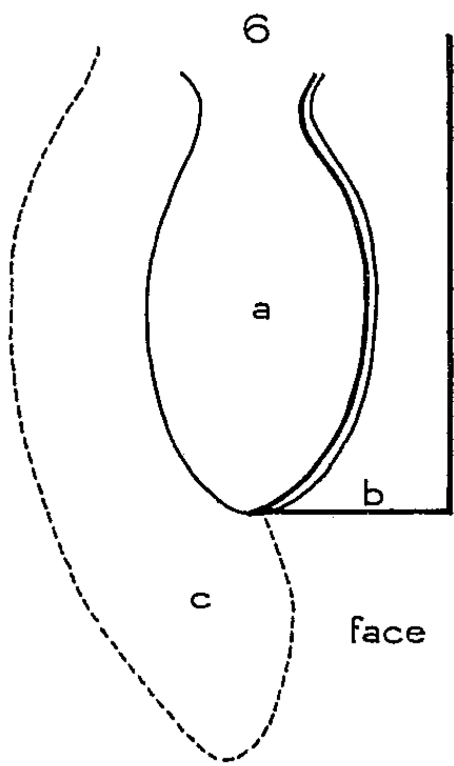
Mes expériences peuvent être divisées en quatre catégories : 1° celles où j'insère des obstacles *sur une face* du rayon; 2° celles où ces mêmes obstacles sont à 10 mm *au-dessus du plan* des orifices des cellules; 3° celles dans lesquelles un grillage à fines mailles est appliqué sur le rayon ou au-dessus de lui; 4° celles où je fixe des écrans dans les tranches des rayons.

J'appelle « sommet du rayon », la partie du rayon opposé au haut du cadre; la « base du rayon » est adjacente à ce dernier.

1. Au sommet du rayon et sur une seule face, l'insertion de plaquettes de bois, horizontales ou verticales, dépassant le plan des orifices des cellules, amène des perturbations très caractéristiques : elles consistent en deux protubérances qui se développent pour retomber à nouveau sur les côtés du sommet du rayon primitif. De petites plaquettes horizontales fixées *uniquement sur les bords* du rayon apportent les mêmes résultats. Notons, enfin, que les cellules sont élevées comme à l'accoutumée (*fig.* 1 et 2). On peut donc conclure de ces faits : 1° Il existe une information qui se transmet à partir de l'obstacle dans tous les sens sur une face et sur l'autre; 2° cette information se traduit par un gradient de construction; 3° il faut distinguer entre l'élévation des cellules et la formation de leurs assises; 4° il y a lieu de noter la présence de zones sensibles situées sur les tranches, au sommet du rayon et non à la base.



a = rayon primitif b = obstacle c = nouvelles constructions



2. Lorsque les obstacles précédents sont placés normalement à 10 mm au-dessus de la surface du rayon sans le toucher, on n'observe plus de perturbation (*fig.* 3 et 4). On peut donc penser que l'information, dans le groupe des cirières, se transmet à la surface de la cire.

3. Lorsqu'un grillage fin est appliqué, à n'importe quel endroit, sur le plan des lèvres des cellules du rayon, la construction est automatiquement bloquée *sur les deux faces* du rayon dans les limites du grillage (*fig.* 5). Ailleurs, la construction se développe régulièrement. En revanche, si l'écran est à 10 mm de la surface du rayon, sa forme est du type normal.

4. Enfin, la présence de tout écran métallique dans la tranche du rayon interrompt l'accroissement latéral, lorsque sa largeur dépasse environ 10 mm (*fig.* 6). Cependant, la présence de fenêtres ou de trous, même en nombre extrêmement restreint (deux gros trous de 15 mm de diamètre et horizontaux) assure une construction lente : la cire peu à peu recouvre l'écran. Il faut, toutefois, qu'on assiste d'abord à l'édification de cellules au sommet du rayon, au-dessous de l'écran, avant de voir les Abeilles remonter la cire sur lui. Il y a donc ici, semble-t-il, création d'une nouvelle zone sensible avec modification des données du problème.

Bien que l'hypothèse de l'existence d'une information tactile semble être toujours la plus propre à expliquer ces phénomènes, il reste à l'établir plus solidement et à connaître la forme qu'elle prend au travers du groupe des Abeilles cirières.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Rôle endocrinien de l'ovaire dans la différenciation des oostégites chez les Crustacés Isopodes terrestres.* Note de M. **Jean-Jacques Legrand**, présentée par M. Louis Fage.

La castration totale des femelles d'*Armadillidium vulgare* pratiquée en période de repos sexuel inhibe la formation des oostégites; par contre, le maintien d'un très petit fragment ovarien ou sa réimplantation après castration entraîne un développement prématuré du marsupium.

Chez les Oniscoïdes les oostégites sont au nombre de cinq paires, situées sur les sternites thoraciques I à V. Chez la presque totalité de ces Isopodes le marsupium n'apparaît qu'à la mue précédant la ponte (mue parturiale) et disparaît totalement entre deux périodes d'incubation.

En 1944 Takewaki et Nakamura (1), opérant sur *Armadillidium vulgare* Latreille, ont pratiqué la castration des femelles : sur 89 individus suivis au-delà de la 4e mue post-opératoire, 83 ont présenté un marsupium,

(1) *J. Fac. Sc. Tokyo Imperial Univ.*, IV, 6, 1944, p. 4.

les 5 autres n'en formant pas. Négligeant les résultats concernant ces 5 individus, ces deux auteurs concluaient que la formation des oostégites n'était pas sous contrôle ovarien.

J'ai repris ces expériences sur une échelle moins vaste mais avec une technique différente de castration et un contrôle rigoureux par coupes sériées de tous les individus à la fin de l'expérience.

1. En 1954, parmi un lot de femelles d'*A. vulgare* récolté au printemps à l'île d'Aix, tous les individus témoins, laissés intacts, ont formé leur marsupium dans les derniers jours de mai. Il en a été de même de 2 ♀ ayant subi une ovariectomie unilatérale le 6 mai, qui ont présenté leur mue parturiale le 20 et le 21 mai. Sur 3 ♀ totalement castrées entre le 10 avril et le 6 mai, aucune n'a différencié de marsupium pendant toute la durée de leur survie : 2 sont mortes entre le 15 juillet et le 3 septembre, la 3e a été suivie jusqu'au 25 avril 1955. L'examen histologique de ces trois individus a révélé l'absence complète de tissu ovarien.

2. Ces expériences ont été reprises sur un matériel récolté à la fin d'août et ayant passé l'hiver au laboratoire à 21°, ce qui a pour effet d'avancer la période de reproduction.

a. Les 12 femelles témoins, conservées intactes, ont accompli leur mue parturiale entre le 26 février et le 7 avril, la plupart (10) en mars.

b. 7 femelles ont subi une ovariectomie unilatérale entre le 30 octobre et le 7 janvier. Toutes ont différencié un marsupium approximativement à la même date que les témoins intacts : 2 en février, 4 en mars et la dernière le 3 mai.

c. 4 femelles ont subi une ovariectomie totale entre le 30 octobre et le 20 janvier. Deux sont mortes le 28 juin, le 3e le 29 août, ayant toutes trois subi 4 mues post-opératoires; la 4e est toujours en vie après sa 4e mue. Aucune n'a différencié de marsupium et l'examen histologique des trois premières a montré l'absence totale de tissu ovarien.

d. 4 femelles ont subi une ovariectomie presque totale, 3 involontairement, la dernière par réimplantation à la pipette d'un très petit fragment ovarien après extraction complète des ovaires.

Parmi les trois premières :

— l'une, opérée le 20 août avant sa dernière mue post-parturiale (début de la période de repos sexuel), a présenté sa mue post-parturiale le 9 septembre, suivie d'une mue parturiale le 17 octobre;

— la 2e, opérée le 30 octobre a présenté une mue normale le 23 novembre, suivie d'une mue parturiale le 25 décembre;

— la 3e, opérée le 25 novembre, a mué le 7 janvier avec apparition d'un marsupium.

L'examen par coupes sériées de ces trois individus a révélé le maintien

d'un très petit fragment ovarien ne comportant qu'un ou deux ovocytes en voie de caryolyse, entourés de cellules folliculaires :

— la ♀ ayant subi une réimplantation après castration le 7 janvier a mué le 14 février avec apparition d'un marsupium très incomplet, ne comportant que trois premières paires d'oostégites de taille réduite.

Ainsi sur un total de 10 femelles castrées,

— 7 n'ont jamais présenté de marsupium 2 mois et même 11 mois après la mue parturiale des témoins; à l'examen histologique elles se sont révélées indemnes de tissu ovarien;

— 3 ont présenté une mue parturiale anticipée qui, à l'examen histologique, semble être la conséquence du maintien d'un très petit fragment ovarien.

Ces résultats, venant après ceux qu'ont obtenu divers auteurs par action des rayons X et Mme Charniaux par castration et réimplantation ovarienne (2) semblent confirmer que chez les Crustacés la différenciation des caractères sexuels temporaires femelles est sous contrôle ovarien.

Le cas de la femelle ayant subi une réimplantation après castration, tout en apportant une réciproque à l'expérience de castration, semble montrer que l'hormone ovarienne responsable de la différenciation du marsupium présente des seuils d'action et que les 5 paires d'oostégites ne sont pas également sensibles à une même concentration de cette substance. Ce dernier résultat est appuyé par l'observation de marsupiums anormaux chez les femelles supposées castrées, dans les expériences de Takewaki et Nakamura.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Nouveaux essais d'hybridation entre plusieurs formes appartenant au genre* Tigriopus *Norman* (*Copépodes Harpacticoïdes*). Note de M. **Branko Božić**, présentée par M. Louis Fage.

Après croisements, la vitalité plus ou moins grande, ainsi que la rapidité du développement des jeunes obtenus, peuvent indiquer l'importance de la barrière génétique qui sépare les souches dont on étudie les rapports systématiques. La forme d'Alger, considérée jusqu'ici comme une « variété » doit être séparée des formes qui occupent les côtes Nord de la Méditerranée.

J'ai effectué une nouvelle série d'hybridations entre individus de souche méditerranéenne (Villefranche-sur-Mer, Livourne, Sorrente, Alger) et atlantique (Vigo, Madère). L'examen préalable des caractères morphologiques montre que toutes ces formes, à l'exception de celle de Vigo, ne se départissent que fort peu d'un type fondamental unique, les diffé-

(2) *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 2770 et 236, 1953, p. 141.

rences qui portent essentiellement sur les soies des PV n'étant que d'ordre biométrique. Les *Tigriopus* de Vigo, malgré leur taille relativement petite, doivent être considérés comme appartenant au type septentrional, tel qu'on le rencontre, par exemple, à Roscoff. Il est remarquable que la forme de Madère, bien que son habitat soit atlantique, ne se distingue pas, par l'ensemble de sa morphologie, des souches méditerranéennes et est toute proche de celle d'Alger, que Monard ([1]) décrivit comme une « variété » *algirica*, en se basant surtout sur l'aspect de la PV chez la femelle. La distinction entre les populations de Sorrente et de Livourne a été basée sur des mensurations biométriques des deux soies qui garnissent, chez la femelle, les deux rames de la PV. Cette différence de longueur, légère mais constante, semble être un caractère qui varie graduellement du Nord au Sud de la Méditerranée, les *Tigriopus* d'Alger et de Madère d'une part et ceux de Villefranche d'autre part étant les représentants extrêmes de cette évolution. Il est probable que le même phénomène existe chez d'autres espèces du même genre, dans d'autres régions géographiques. Toutes ces observations, aussi bien morphologiques que génétiques, sont toujours faites sur des animaux élevés depuis plusieurs générations au laboratoire, dans des conditions aussi identiques que possible.

La forme de Villefranche (V) qui s'était montrée, dans mes recherches précédentes, conforme à la description assez sommaire de la « variété » *adriatica* Van Douwe ([2]) et que j'ai pu séparer des formes nordiques en lui conférant la valeur d'espèce, a été croisée avec des individus provenant d'Alger (A), de Livourne (L), de Sorrente (So) et de Madère. Les croisements V-A, poursuivis en quatre séries (avec au total une quarantaine de femelles par souche), ne m'ont pas permis d'obtenir un seul adulte, malgré la survie d'un nombre relativement grand de nauplii dont certains ont pu atteindre, à travers des mues très espacées, le stade copépodite. La combinaison V-L réussit bien, mais V-So et L-So produisent des jeunes à développement ralenti et dont le sort est différent suivant le sens du croisement; dans les croisements hybrides réciproques, les mères de Sorrente n'ont pas donné de descendant adulte. A-So donne des résultats comparables au cas V-A. Le croisement A-M mérite une attention particulière, car les résultats en sont bien supérieurs à ceux que l'on obtient en croisant les A avec d'autres représentants de populations méditerranéennes. « Madère » et « Vigo » attestent, par l'insuccès total de leur croisement, l'existence de la barrière génétique qui sépare les formes du Sud et du Nord de l'Europe.

Le sens des croisements semble toujours jouer un rôle déterminant

---

([1]) *Bull. Stat. d'Aquiculture et de Pêche de Castiglione*, 1937.

([2]) *Biol. Zentralblatt*, Leipzig, n° 33, 1913, p. 256.

dans le résultat obtenu, conformément aux observations faites lors de mes premiers essais (Roscoff, Villefranche) ([3]). D'après les données dont je dispose actuellement, les rapports systématiques considérés du point de vue de la valence respective des femelles, pourraient être désignées de la façon suivante : A > V, V, L > So, M > A, A > So et même V > L.

Je mentionnerai ici que l'attraction sexuelle entre individus de n'importe quelle provenance semble être toujours normale, et la fécondation de la femelle a toujours lieu. Ceci est valable aussi pour le cas ♂ Roscoff-♀ Villefranche, comme j'ai pu dernièrement le constater par l'observation directe et suivie de toutes les phases de l'appariement. L'accolement des spermatophores s'effectue normalement, mais j'ignore si les spermatozoïdes, une fois pénétrés dans le réceptacle séminal, arrivent à féconder les œufs avant qu'ils ne soient pondus. Même après s'être détachés de la femelle, les sacs ovigères restent sombres.

De ces observations, que viendront compléter des expériences encore en cours, on peut déjà conclure à une différence spécifique entre la « variété » *algirica* et les autres formes méditerranéennes examinées jusqu'à présent. Le type du Nord de l'Europe reste nettement séparé des formes habitant des zones plus chaudes. Il serait cependant prématuré, étant donné le nombre encore limité de souches dont je dispose actuellement, de chercher à proposer une terminologie taxinomique pour l'ensemble des formes du *Tigriopus* que nous rencontrons dans les régions géographiques prospectées.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Conversion de l'astaxanthine en vitamine* A *chez* Gambusia holbrooki *Grd.* Note de M. **René Grangaud** et Mlle **Renée Massonet**, présentée par M. Robert Courrier.

L'administration à *Gambusia holbrooki* Grd. d'un régime de base privé d'axérophtol et de carotènes permet d'obtenir rapidement une carence telle qu'en moins de 30 jours la vitamine A n'est plus décelable dans l'organisme des animaux. L'incorporation d'astaxanthine au régime fait reparaître la vitamine A qui se localise principalement au niveau des yeux. L'astaxanthine doit donc être considérée comme une provitamine A pour *Gambusia holbrooki* Grd.

S'il est actuellement établi que les Poissons trouvent dans leur nourriture de la vitamine A préformée ([1]), ([2]), ([3]), et sans doute aussi du carotène,

---

([3]) *Comptes rendus*, 237, 1953, p. 1568.

([1]) G. Wald, *Amer. J. Physiol.*, 133, 1941-1942, p. 235.

([2]) S. K. Kon et S. Y. Thompson, *Biochem. J.*, 45, 1949, XXXI.

([3]) L. R. Fisher, S. K. Kon et S. Y. Thompson, *Biochem. J.*, 49, 1951, XV.

il n'est cependant pas démontré qu'à lui seul cet apport suffise à rendre compte des réserves parfois énormes d'axérophtol présentes dans le foie et la muqueuse intestinale. Il n'est donc pas exclu *a priori* que soient susceptibles de participer à la formation de ces réserves d'autres substances de nature caroténoïde également présentes dans l'alimentation. Parmi celles-ci, l'astaxanthine (3.3'-dihydroxy-4.4'-dicéto-β-carotène), largement répandue dans la faune aquatique et abondante chez les Crustacés ([4]), ([5]), ([6]), doit retenir plus particulièrement l'attention car il existe des arguments qui plaident en faveur de son utilisation par les Poissons ([7]), ([8]).

L'objet du présent travail est une contribution expérimentale dans ce domaine. Pour des raisons de commodité, l'animal réactif choisi a été *Gambusia holbrooki* Grd., petit cyprinodontidé originaire du Texas, importé en Afrique du Nord en 1926 par Edm. et Et. Sergent. Carnassier de préférence, *Gambusia* accepte cependant les nourritures les plus variées, ce qui permet de lui administrer sans difficulté un régime privé de vitamine A : l'expérience montre que les gambouses peuvent être rapidement carencés en ce facteur (en moins de 30 jours) si on les nourrit exclusivement de semoule ou s'ils reçoivent le régime synthétique suivant :

Semoule ou mie de pain blanc grillée, émiettée et tamisée...	85 %
Caséine dévitaminée....................................	10
Levure de bière..	5
Vitamine D...	100 U. I./g de régime

Essais préliminaires. — Les gambouses en expérience (4 lots de 5, 10, 4 et 14 animaux) ont été pendant 35 jours nourris à la semoule. Au bout de ce temps, les témoins ont été sacrifiés et la carence a été contrôlée en vérifiant que la vitamine A, recherchée à l'aide de la classique réaction de Carr et Price sur l'insaponifiable des animaux entiers, n'était plus décelable. Les sujets restants ont alors été nourris avec des fragments de conjonctif péristomacal d'*Aristeus antennatus*, Risso ([9]). Ce tissu qui est riche en astaxanthine est dépourvu de vitamine A et de carotènes ([10]).

([4]) E. LEDERER, *Bull. Soc. Chim. biol.*, 20, 1938, p. 554 et 567.

([5]) R. KUHN et N. A. SORENSEN, *Ber.*, 71, 1938, p. 1879.

([6]) P. KARRER et E. JUCKER, *Carotinoide*, *Verl. Birkhauser*, Basel, 1948.

([7]) D. M. STEVEN, *Nature* Lond., 160, 1947, p. 540.

([8]) R. GRANGAUD, *L'Astaxanthine, nouveau facteur vitaminique* A, Actualités biochimiques publiées sous la direction de Marcel Florkin et Jean Roche, fasc. n° 15, Desoer, Liége, 1951.

([9]) Grosse crevette rouge de la tribu des Pénéidés pêchée en abondance en Méditerranée.

([10]) R. GRANGAUD, C. CHECHAN, Mlle R. MASSONET et M. ODIER, *Bull. Soc. Chim. biol.*, 32, 1950, p. 245.

Après 26 jours de traitement, les gambouses ont été sacrifiés et la vitamine A recherchée dans chaque lot, a été mise en évidence aux taux respectifs de 12, 12, 10 et 6 U.I./g.

Expériences définitives. — Bien que les carotènes et la vitamine A ne soient pas présents dans le conjonctif péristomacal d'*Aristeus antennatus*, l'équipement caroténoïde de ce tissu est complexe ([11]), ([12]). Pour vérifier que la formation de vitamine A devait bien être attribuée à l'astaxanthine, nous avons, en suivant la technique décrite antérieurement ([13]), préparé un extrait huileux de ce caroténoïde préalablement purifié par chromatographie sur alumine ([13]). Les animaux en expérience ont reçu, pendant 35 jours, le régime de base seul puis, après vérification de la carence sur des témoins, le régime de base auquel avait été incorporé l'extrait huileux de pigment. Comme dans les essais préliminaires, la vitamine A a été mise en évidence chez les animaux traités. Elle s'était localisée principalement dans les yeux (à des taux compris entre 28 et 40 U.I./g d'organe frais); des traces ont été également décelées dans l'intestin et le foie. L'ensemble des résultats de ces expériences définitives a été rassemblé dans le tableau ci-dessous.

	Nombre d'animaux.	Durée de la carence (jours).	Durée du traitement (jours).	Source d'astaxanthine.	Vitamine A par gramme.		
Témoins :	4......	35	-	-	Néant		
Traités :	7......	»	26	E. C. (*)	5 U. I. (**)		
					Yeux.	Foie.	Intestin.
Témoins :	11......	»	-	-	Néant	Néant	Néant
Traités	7......	»	26	E. C. (*)	34 U. I.	»	»
	16......	»	»	»	35 U. I.	»	Traces
Témoins :	11......	»	-	-	Néant	Néant	Néant
Traités	34......	»	25	E. H. (*)	28 U. I.	Traces	Traces
	12......	»	»	»	40 U. I.	Néant	Néant

(*) E. C., extrait huileux de conjonctif péristomacal; E. H., extrait huileux d'hypoderme.
(**) Le dosage a été effectué sur les animaux entiers.

En conclusion, les expériences qui viennent d'être rapportées démontrent la conversion de l'astaxanthine en vitamine A chez *Gambusia holbrooki* Grd.

([11]) R. Grangaud, C. Chechan et Mlle R. Massonet, *C. R. Soc. Biol.*, 144, 1950, p. 1022.
([12]) C. Chechan, R. Grangaud et Mlle R. Massonet, *C. R. Soc. Biol.*, 144, 1950, p. 1025.
([13]) Alumine commerciale pour chromatographie.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Étude de la déshydrogénase du glucose-6-phosphate extraite de* Bacillus subtilis. Note (*) de Mme **Monique Marquet** et M. **Raymond Dedonder**, présentée par M. Maurice Lemoigne.

La glucose-6-phosphate déshydrogénase de *B. subtilis* a été purifiée. Elle est instable à la dialyse et doit être conservée congelée. Le pH optimum est 9,0, les ions divalents sont des activateurs et la constante de Michælis déterminée à 22° en leur présence est 0,9 10^{-6}. Le manganèse joue un rôle particulièrement important dans l'activité.

L'importance de la voie de dégradation oxydative du glucose, dite de Warburg-Dickens, connue chez la levure depuis les travaux de Warburg, a été démontrée ces dernières années chez les bactéries. Nous avons mis en évidence (1) l'existence des deux premiers enzymes de cette voie chez *B. subtilis* : les déshydrogénases agissant respectivement sur le glucose-6-phosphate (G-6-P) et le 6-phosphogluconate (6-P-G). Si la glucose-6-phosphate déshydrogénase (G-6-P-D) de levure (Zwischenferment) a été isolée et purifiée dès 1932 par O. Warburg et W. Christian (2), ce n'est qu'en 1953 que furent étudiées et isolées des G-6-P-D d'origine bactérienne [*E. coli* (3), *Leuconostoc mesenteroïdes* (4)].

Dans cette Note nous décrivons la purification partielle et les propriétés de la G-6-P-D de *B. subtilis*. Nous avons déjà montré (1) que cet enzyme ne fonctionne qu'avec le driphosphopyridine nucléotide (TPN) comme codeshydrogénase, contrairement à l'enzyme de *Leuconostoc* qui fonctionne avec le TPN ou le diphosphopyridine nucléotide (DPN).

Les microbes sont cultivés et récoltés comme dans notre précédent travail (1). Les extraits sont obtenus par broyage avec le désintégrateur de Mickle. Les débris bactériens sont éliminés par centrifugation à 10 000 g. L'activité sur le G-6-P est mesurée selon (5) par l'augmentation de densité optique à 340 mμ due à la réduction du TPN en 1 mn dans des conditions limitantes en enzyme et rapportée au mg de protéine. (1 unité d'enzyme = la quantité qui produit un changement de densité optique de 1,0 par minute pour un trajet optique de 1 cm). Sauf pour l'étude de l'influence des ions les conditions normales des mesures de l'activité sont les suivantes : substrat 10 μmol;

(*) Séance du 10 octobre 1955.

(1) R. Dedonder, *IIe Congrès International de Biochimie*, communications, Paris, 1952, p. 77; *Ann. Inst. Pasteur*, 85, 1953, p. 71.

(2) *Biochem. Z.*, 254, 1932, p. 438.

(3) D. B. Mc Nair Scott et S. S. Cohen, *Biochem. J.*, 55, 1953, p. 23 et 33.

(4) R. D. de Moss, I. C. Gunsalus et R. C. Bard, *J. Bact.*, 66, 1953, p. 10.

(5) B. L. Horecker et P. Z. Smyrniotis, *J. Biol. Chem.*, 193, 1951, p. 371.

TPN 0,15 μmol; enzyme de 50 à 800 μg de protéine suivant activité; Cl_2Mg 10^{-2} M; tampon Tris 6,6 10^{-3} M; volume final 3 ml; trajet optique 1 cm; température 22°.

L'extrait brut contient les deux activités, vis-à-vis du G-6-P et du 6-PG. La purification comprend trois stades :

1. Une dialyse contre du tampon tris pH 7,5.10^{-2} M, contenant du glycocolle 10^{-3} M et du chlorure de manganèse 10^{-4} M. L'activité vis-à-vis du 6-PG est détruite par cette dialyse.

2. Un fractionnement par le sulfate d'ammoniaque à pH 5,2. La fraction la plus active précipite entre 60 et 65 % de saturation.

3. Un précipitation des acides nucléiques par le sulfate de protamine.

Nous n'avons pu pour le moment poursuivre le fractionnement au-delà de ce stade sans destruction massive de l'enzyme.

Extrait enzymatique.	Activité (unités/mg prot.).	Purification.	Rendement.
Extrait brut dialysé	0,137	0	100
Sulfate d'ammoniaque 60-65 % de saturation	0,773	5,7	65
Surnageant sulfate de protamine	0,973	7,2	36

L'enzyme purifié se conserve plusieurs semaines congelé, à — 20°, sans perte sensible d'activité, mais se détruit rapidement à + 4°. Son activité est très sensible aux modifications du pH, avec un optimum très net à pH 9,0 (*fig.* 1).

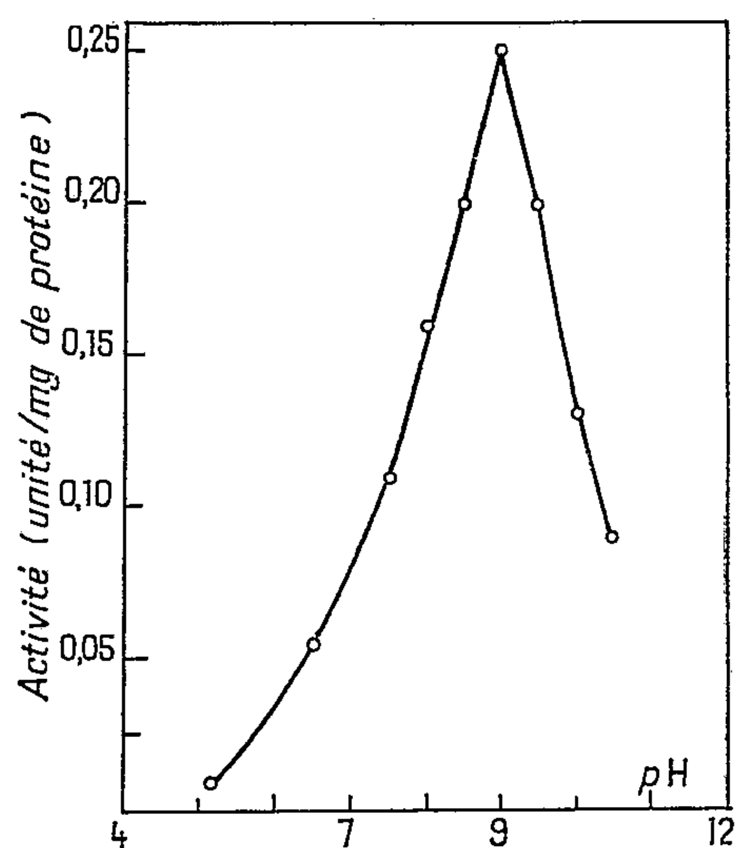


Fig. 1. — Influence du pH.

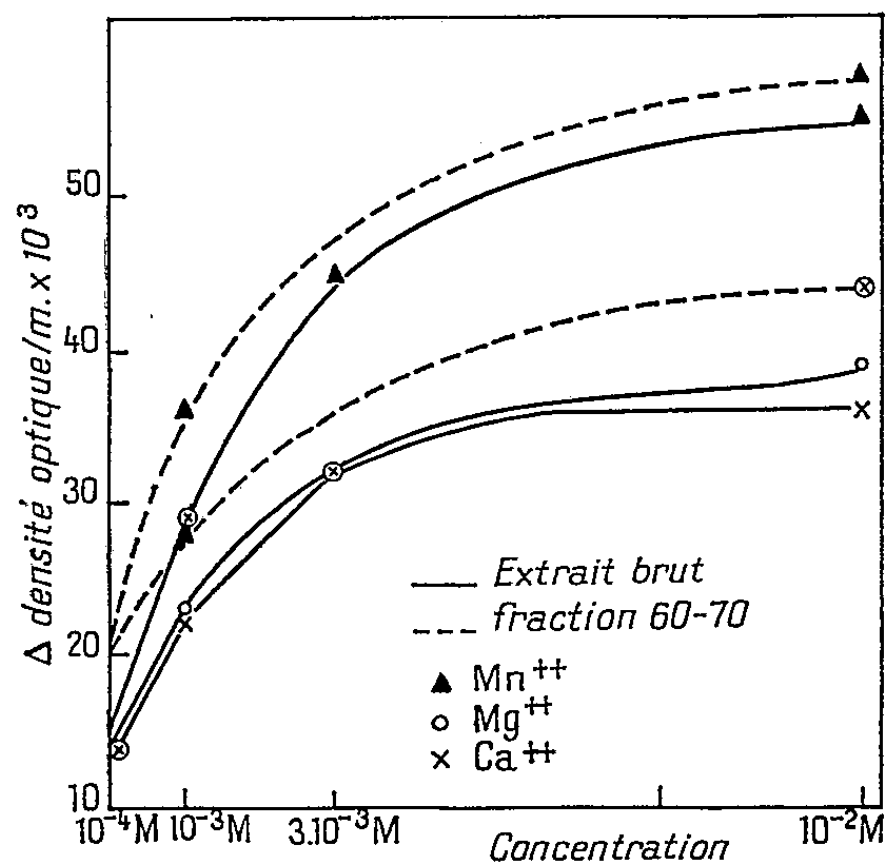


Fig. 2. — Influence des ions divalents

L'activité décroît rapidement, 60 % en 4 h à 4°, lorsqu'il est dialysé contre de l'eau distillée ou des solutions tampons. Toutefois l'adjonction conjuguée à une solution de tris pH 7,5 de glycocolle 10^{-3} M et de chlorure de manganèse

10^{-4} M protège l'enzyme qui ne perd plus que 15 % de son activité dans les mêmes conditions. Le magnésium ne peut remplacer le manganèse dans ce rôle. La présence de substrat au cours de la dialyse ne protège pas l'enzyme.

Les ions divalents sont des activateurs de l'enzyme (*fig.* 2). Ces résultats nous montrent que le manganèse joue un rôle particulier dans l'activité et qu'il est probablement lié à l'enzyme par une structure qui devient fragile lorsque le métal est éliminé par dialyse.

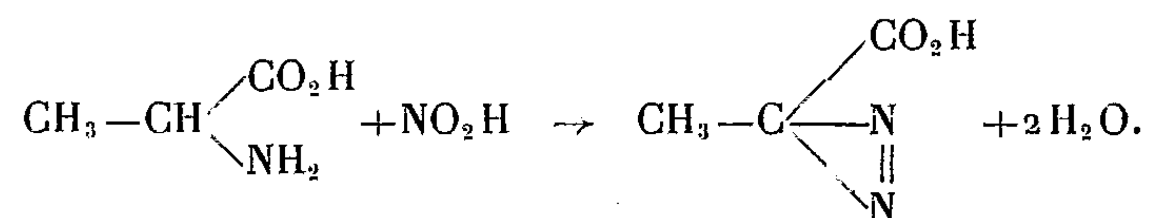
La constante de Michaélis déterminée sur une préparation dialysée en présence de manganèse, dans les conditions normales, c'est-à-dire avec une concentration optimale d'ions Mg^{++}, est $0,9.10^{-6}$:

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Désamination et décarboxylation simultanées des protéides sériques par l'acide nitreux.* Note de M. **Jean Loiseleur** et M[lles] **Liliane Catinot** et **Michelle Petit**, présentée par M. Jacques Trefouël,

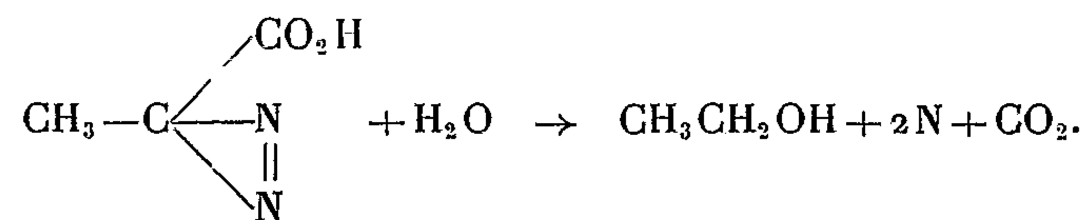
L'acide nitreux entraîne simultanément la désamination totale et la décarboxylation partielle des protéides sériques.

I. Comme on le sait, l'acide nitreux transforme les amines aliphatiques primaires en alcools. On admet, de même, que les amino-acides conduisent aux acides-alcools et que la diazotation de l'alanine, par exemple, entraîne la formation d'acide lactique.

L'expérience montre que la diazotation d'un amino-acide peut entraîner une modification plus profonde de la molécule. En effet, on peut distinguer deux phases dans l'action de l'acide nitreux. Il y a d'abord la formation d'un dérivé diazoïque, par exemple, pour l'alanine :



Dans certaines conditions expérimentales, l'encombrement moléculaire sur le carbone peut rendre le carboxyle instable, ce qui entraîne le départ simultané de l'azote et du CO_2, avec formation d'alcool éthylique qui peut être dosé spécifiquement :



5 g de *l*-alanine et 3,75 g de nitrite de potassium, dissous dans 50 cm³ d'eau, reçoivent à 2°, lentement et sous agitation, l'addition de 20 cm³ d'acide chlor-

hydrique pur dilué au 1/2. On porte à l'ébullition jusqu'au départ des vapeurs nitreuses. On amène le pH à 10 et l'on chauffe à 110° pendant 10 mn. L'alcool est dosé avant et après ce chauffage par la méthode de Nicloux modifiée (1).

Le tableau I montre la formation de l'alcool éthylique, c'est-à-dire la désamination et la décarboxylation simultanées conformément à l'hypothèse de départ. Le faible rendement de la transformation (3 %) peut être attribué à la perte d'alcool consécutive au chauffage à l'autoclave.

TABLEAU I.

	C_2H_5OH mg (°/oo).
Avant diazotation	0
Après diazotation	70
Après diazotation et chauffage	160

2. L'intérêt de cette réaction réside dans le fait qu'elle se produit avec les protéides sériques, c'est-à-dire dans des conditions où le groupe diazoïque et le groupe carboxylique ne sont plus supportés par le même atome de carbone, mais sur des atomes différents et séparés par la distance des quelques angströms requise pour la chaîne polypeptidique.

En effet, l'action de l'acide nitreux sur les protéides sériques entraîne, avec la désamination totale, une diminution considérable des fonctions acides, et cette diminution resterait inexpliquée sans l'expérience précédente.

Le sérum sanguin (Cheval) subit un traitement analogue au précédent : diazotation, lavage des protéides nitrosés, dissolution à chaud, traitement à l'autoclave en milieu alcalin (2). Le titrage conductimétrique (3) montre que ce traitement entraîne simultanément la disparition totale des groupes basiques et une diminution considérable (77 %) des groupes acides (Tableau II) :

TABLEAU II.

	Nombres de groupes fonctionnels (par gramme de sérum).	
	Groupes aminés.	Groupes carboxyliques.
Sérum avant traitement	$1,29.10^{-3}$	$1,38.10^{-3}$
Après diazotation et chauffage à 100°	0	$0,48.10^{-3}$
» » » à 110°	0	$0,29.10^{-3}$

Il en résulte que ce traitement par l'acide nitreux a pour effet de diminuer le

(1) L. THIVOLLE et G. SONNTAG, *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 29, 1939, p. 1369.

(2) Il est remarquable que le chauffage du sérum ainsi traité n'entraîne pas son hydrolyse, mais au contraire la diminution des groupes dissociés.

(3) *Ann. Inst. Pasteur*, 89, 1955, p. 152.

nombre absolu des carboxyles et de transformer la totalité des groupes aminés en hydroxyles, ces deux effets aboutissant à une diminution notable de l'antigénécité des protéides sériques.

PATHOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Sur la précipitation de l'amidon en solution par différents sérums.* Note de M. **Albert Delaunay**, M[lles] **Michelle Henon**, **Suzanne Bazin** et M[me] **Monique Pelletier**, transmise par M. Gaston Ramon.

Au contact des sérums de lapin, de cheval, de cobaye et de mouton, les solutions d'amidon précipitent. Les auteurs étudient les caractères de ce phénomène en s'efforçant de préciser ses rapports avec l'agglutination sérique des grains d'amidon.

Nous avons montré, dans une Note antérieure (¹), que la plupart des sérums « normaux » ont le pouvoir d'agglutiner spontanément les grains d'amidon. Cherchant à préciser la nature profonde de ce phénomène, nous avons voulu savoir ce que nous apprendrait, ici, l'emploi d'un autre test classique en Immunologie : *la précipitation*. Pour cela, nous avons utilisé, d'une part, quatre types de sérums « normaux » : lapin, poulain, cobaye, mouton, d'autre part, deux préparations d'amidon : un *empois* (1 g d'amidon de riz en grains + 100 ml d'eau physiologique. Ébullition pendant 30 mn. Centrifugation. Le liquide surnageant est ajusté au pH 7,4) et une solution physiologique à 5 % (faite à froid) d'*amidon soluble* (également pH 7,4). A 1 ml des différents sérums purs sont ajoutés en tubes 1 ou 2 ou 3 ml d'empois, ou bien encore 1 ml d'amidon solubilisé. Les tubes sont gardés à la température du laboratoire (pour les témoins, l'amidon est remplacé par de l'eau physiologique). La lecture des résultats a lieu au bout de 24 et de 48 h.

Observations. — 1. Au contact de l'empois ou de l'amidon soluble, *tous les sérums précipitent* mais, notée au bout de 48 h, l'importance du précipité apparaît fort différente d'un sérum à l'autre. C'est dans le mélange amidon + sérum de poulain que le précipité est le plus abondant (il est *très* abondant), puis il faut citer, par ordre décroissant, les sérums de mouton, de lapin et de cobaye (ici, simple louche).

Il faut aussi noter plusieurs points qui sont en opposition complète avec ce que nous avons vu en étudiant l'agglutination des grains d'amidon. *a*. Le sérum de cheval a un pouvoir précipitant supérieur à celui du sérum de lapin; ceci n'est plus vrai quand il s'agit du pouvoir agglutinant. *b*. Pour les sérums de lapin, on ne trouve aucun rapport entre le pouvoir précipitant et le pouvoir agglutinant. Celui-là est immuable; celui-ci varie d'un cas à l'autre. *c*. Cette remarque est d'ailleurs valable quelle que soit l'espèce animale considérée. En d'autres termes, on peut dire que la précipitation de l'amidon par un sérum donné varie en importance d'espèce à espèce animale mais que, pour une espèce donnée, il n'y a pas de différence entre divers échantillons de sérum.

(¹) *Comptes rendus*, 240, 1955, p. 2094.

2. *Le chauffage à* 56° pendant 1 h du sérum de poulain ou du sérum de lapin n'altère pas leur pouvoir précipitant. Il diminuerait un peu l'activité du sérum de cobaye et il augmenterait celle du sérum de mouton.

3. Prenant pour substrat le seul sérum de poulain, nous avons étudié l'action exercée sur son pouvoir précipitant (l'amidon soluble) par différents facteurs, physiques et chimiques.

a. Facteurs physiques. — Le sérum de poulain conserve, inaltéré, son pouvoir précipitant après trois mois de séjour à + 4° ou 11 jours de dialyse contre l'eau physiologique. Ce pouvoir reste égal à lui-même dans une gamme de pH allant de 4,5 à 10.

b. Influence des sels (0,4 g de sel pour 2 ml de sérum). — Précipitation normale en présence de ClNa, complètement inhibée par le salicylate, le gentisate et le benzoate de sodium.

c. Influence des oses (même concentration que ci-dessus). — Galactose : aucune action. Glucose et lactose : précipitation légèrement augmentée.

d. Formol (0,4 ml pour 2 ml de sérum) : Inhibition presque complète. *Urée* et Cl_2Ca (même concentration que pour les sels) : Inhibition incomplète.

4. Qu'il y ait, effectivement, combinaison entre l'amidon et certains constituants sériques, nous l'avons établi d'autre part en montrant qu'après précipitation, le mélange sérum + amidon, ajouté à un sérum frais, ne donne plus de précipité alors qu'un mélange eau physiologique + amidon, préparé dans les mêmes conditions, reste précipitant.

Les faits rapportés ci-dessus indiquent que, pour un sérum donné, pouvoir agglutinant et pouvoir précipitant (l'amidon) peuvent être dissociés [1]. Une dernière observation parle dans le même sens : la fraction albumine d'un sérum qui était, complet, très agglutinant, n'est pratiquement pas agglutinante (le pouvoir agglutinant se retrouve presque tout entier dans la fraction euglobuline γ); elle continue pourtant de précipiter en présence d'amidon.

La séance est levée à 16 h 15 m.

L. B.

ERRATA.

—

(*Comptes rendus du* 17 août 1955.)

Note présentée le 1er août 1955, de MM. *Jean Lagasse* et *Jean Clot*, Système de balayage électromagnétique à commande électronique pour oscillographe cathodique à haute tension :

Page 599, 3e ligne en remontant, *au lieu de* L'intégration du signal, *lire* La différentiation du signal.



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 24 OCTOBRE 1955.

PRÉSIDENCE DE M. LOUIS FAGE.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le Président annonce le décès, survenu à Uccle (Belgique), le 19 octobre 1955, de M. **EUGÈNE DELPORTE**, Correspondant pour la Section d'astronomie. Il invite l'Académie à se recueillir en silence pendant quelques instants en signe de deuil.

La Notice nécrologique d'usage sera présentée en l'une des prochaines séances.

Notice nécrologique sur MAURICE GIGNOUX, *Membre non résidant*,

par M. **CHARLES JACOB**.

Ce n'est point sans un sentiment de mélancolie que, de votre part, il me faut rendre hommage à la carrière et à l'œuvre scientifique d'un camarade normalien moins âgé que moi, à qui m'unissaient une profonde amitié et des relations particulièrement confiantes datant d'une cinquantaine d'années.

MAURICE GIGNOUX était né à Lyon le 19 octobre 1881, d'une vieille famille de la cité rhodanienne, où son père disposait à la Bourse d'une charge d'Agent de change. Ses études secondaires, achevées au Lycée Ampère, lui valurent en 1901 un double succès à l'École Polytechnique et à l'École Normale Supérieure. Optant pour cette dernière, il y entra en novembre, alors que j'y commençais ma troisième et dernière année, bien décidé déjà à poursuivre ultérieurement des recherches de géologie. Gignoux, reçu premier à l'Agrégation des sciences naturelles en 1905, enseigna ensuite pendant un an au Lycée de Besançon. Mais, remarqué à l'Agrégation par un des Membres du Jury, Charles Depéret, celui-ci lui obtint une bourse d'études à Lyon, dont il bénéficia jusqu'en 1908.

A l'époque, Ch. Depéret et son collaborateur le Général de Lamothe

recherchaient une classification des terrains pliocènes et quaternaires. En Italie, au Nord de l'Apennin, étaient définis dans le Pliocène deux étages marins : le Plaisantien et l'Astien, auxquels succédaient des dépôts continentaux avec la faune dite de Villafranca-d'Asti, où apparaissaient les genres *Bos*, *Elephas*, *Equus*, etc., faune rencontrée également dans une dépression intra-apennine rejoignant le versant tyrrhénien en Italie centrale. Mais, en Sicile, et rangé encore dans le Pliocène, au moins par les géologues italiens, était défini un étage marin, le Sicilien, notoire par une abondance d'espèces froides, actuellement localisées par exemple au voisinage de l'Islande, par un cortège qu'Edouard Suess qualifiait pour l'Italie « d'immigrés du Nord ». Gignoux, invité par Depéret à reprendre toutes ces questions, s'en tira d'une façon magistrale. Tout d'abord, en Italie méridionale, il lui fallut distinguer un nouvel étage marin, le Calabrien, qui succède en concordance au Plaisantien et à l'Astien, et les trois fournissent là « un cycle de remblaiement complet ». Cependant les immigrés du Nord apparaissent déjà dans le Calabrien qui a, du reste, pour équivalent continental le Villafranchien. En Italie méridionale, les couches pliocènes ont été affectées de grandes failles et subsistent parfois à des altitudes qui peuvent atteindre 1000 m. Quant au Sicilien, à savoir le niveau des argiles de Ficarazzi dans le Golfe ou Conque d'or de Palerme, il se situe généralement en contre-bas, de même que l'ensemble des Couches à Strombes à faune chaude, de même que d'autres formations marines dont les faunes sont bien voisines de celles de la Méditerranée actuelle. Tous ces résultats sont exposés notamment dans une thèse de doctorat soutenue à Lyon en 1915, alors que Gignoux était parti déjà vers d'autres destinées et d'autres orientations.

En décembre 1909, il m'avait succédé comme Préparateur à Grenoble, aux côtés de Wilfrid Kilian. Il s'y intéressa momentanément aux Ammonites du Crétacé inférieur, puis, avec Kilian, aux alluvions fluvioglaciaires du Bas-Dauphiné, en même temps qu'il commençait à s'initier aux grands problèmes de la géologie alpine.

Survient la guerre de 1914-1918. Gignoux, engagé volontaire, fut surtout utilisé dans des services de recherches et publia d'intéressantes remarques météorologiques sur les variations du vent.

Après l'armistice du 11 novembre, et pour lui une suppléance de trois mois à Toulouse, se posa la question de la réoccupation de l'Université de Strasbourg. Il fit alors partie de la brillante équipe envoyée là-bas, dans laquelle, pour les sciences géologiques et minéralogiques, nous relevons avec le sien les noms de Georges Friedel, de Jacques de Lapparent et d'Emmanuel de Margerie. Il y enseigna pendant sept ans et, dans cette période particulièrement active, se place l'origine de la plupart de ses publications ultérieures. L'Université récupérée possédait un bel Institut

avec de splendides collections géologiques et paléontologiques auxquelles Gignoux ne pouvait manquer de s'intéresser. On lui doit ainsi une étude captivante sur les Oursins réguliers dont il essaye de démêler les grands phyllums évolutifs et, avec Léon Moret, la description du Foraminifère *Orbitopsella*, dont la considération peut mettre sur la voie adaptative qui, plus tard, a pu aboutir aux Orbitolines. Tout cela amorçait des ouvrages didactiques sur la Paléontologie, dont L. Moret prit la charge, tandis que Gignoux se consacra, comme nous le verrons, plus particulièrement à la Stratigraphie. A Strasbourg également, il a été mêlé à la fondation de l'École nationale du Pétrole, justifiée par la proximité du gîte de Péchelbronn, alors le seul sur le sol français à fournir des hydrocarbures naturels. Avec G. Hoffmann, il en a donné une description intéressante, sans préjudice d'autres notices du même genre sur la Savoie et l'étranger (Italie, Tchécoslovaquie, etc.).

En janvier 1926, Maurice Gignoux quitta Strasbourg pour revenir à Grenoble, à la suite du décès de W. Kilian, survenu l'automne précédent. Il retournait ainsi dans les Alpes, tentatrices pour un lyonnais qui les fréquentait depuis son enfance et y avait acquis un talent de photographe émérite, doublé du souci de l'interprétation de leurs paysages grandioses. Là encore, des publications, notamment avec Léon Moret, un joli petit ouvrage sur la géologie dauphinoise aux environs de Grenoble et surtout nombre de notes sur les zones plus internes, par exemple, dans l'ennoyage entre le Pelvoux et le Mercantour, sur le substratum de ce que les charriages ont pu amener du Briançonnais. Il continue à s'occuper des causes, ou tout au moins des modalités intervenues dans les déformations, soit par diapyrisme, c'est-à-dire par montée, « par avance tectonique », des terrains salifères, soit par glissement, sous l'action de la gravité, s'exerçant sur des pentes et produisant des « festons » souligne-t-il jusque parfois vers le front des Alpes. Dans le domaine technique, de même qu'à Strasbourg pour l'École du pétrole, il collabore à Grenoble au développement de celle des Ingénieurs hydrauliciens et il a publié tout récemment, avec R. Barbier, un volume sur *La Géologie des Barrages et des Aménagements hydrauliques*. Dans ce domaine, aussi bien scientifique que technique, il pouvait parler et écrire avec autorité, ayant été mêlé à bien des études et réalisations, par exemple à celles de la Compagnie nationale du Rhône, notamment à Génissiat.

Revenant aux publications proprement didactiques, la principale est — et restera — de la part de M. Gignoux, sa *Géologie stratigraphique*. Initialement l'ambition était modeste : il s'agissait d'un livre d'enseignement, nullement destiné à remplacer les gros traités tels que ceux d'Albert de Lapparent ou d'Émile Haug. Et cependant, par le sérieux de l'élaboration et le choix souvent heureux des désignations, l'ouvrage

n'a pas tardé à s'imposer aussi bien à l'étranger qu'en France. Il a connu quatre éditions successives (1926, 1936, 1943 et 1950), le chiffre total des tirages, que veut bien m'indiquer l'éditeur, la Librairie Masson, ayant atteint 15 000 exemplaires. En outre, une traduction et une édition serait en route à San Francisco; une autre en Pologne. L'ouvrage aurait été également traduit en russe.

Pour terminer notre résumé bien sommaire, une indication ne saurait être omise : celle d'une santé précaire, avec crises d'asthme répétées, obligeant notre Confère à garder la chambre pendant les dernières années. Stoïquement, il a supporté ces graves ennuis, conservant une lucidité parfaite et travaillant jusqu'à la fin, le 20 octobre dernier. A ses obsèques aussi simples qu'émouvantes, notre Correspondant, le Doyen actuel de la Faculté des sciences de Grenoble, Léon Moret, s'est exprimé en votre nom. Aujourd'hui, renouvelant à Mme Maurice Gignoux, à ses six enfants et nombreux petits-enfants, l'expression de notre sympathie, nous accompagnons nos regrets du réconfort apporté par le souvenir des nombreuses distinctions honorifiques ayant jalonné cette existence de savant. A n'en rappeler que trois, dont il était particulièrement fier, ce serait : son élection de Correspondant pour notre Section de Minéralogie le 8 février 1932, celle de Membre non résidant le 27 mai 1946 et tout récemment, en 1955, du côté de l'étranger, l'attribution par la Société géologique d'Amérique de la Médaille d'or A. F. Penrose, qui jusque-là n'avait eu qu'un seul lauréat français.

PHYSIOLOGIE. — *Réveil après apnée anoxique chez le Chien normal.* Note (*) de MM. **Léon Binet, Maurice V. Strumza** et Mme **Inès Wesley**.

Au cours de l'anoxie hypocapnique, la perte de conscience survient avant la disparition des mouvements respiratoires, les cellules nerveuses corticales cessant leur activité avec un taux d'oxygène sanguin qui permet encore l'activité des cellules du centre respiratoire. Par ailleurs, sous l'influence même des progrès de l'anoxie, il ne semble pas exister de phase de reprise de la conscience semblable à la reprise de l'activité respiratoire, reprise dite agonique. C'est à la suite de la réoxygénation, si toutefois elle n'est pas trop tardive, que le réveil peut survenir; cette réoxygénation peut intervenir, soit en apportant un élément indispensable à l'activité cellulaire, soit en neutralisant une substance inhibitrice dont le taux s'est élevé pendant l'anoxie. Dans cette dernière hypothèse il doit exister une relation entre la durée de la réoxygénation nécessaire pour entraîner la

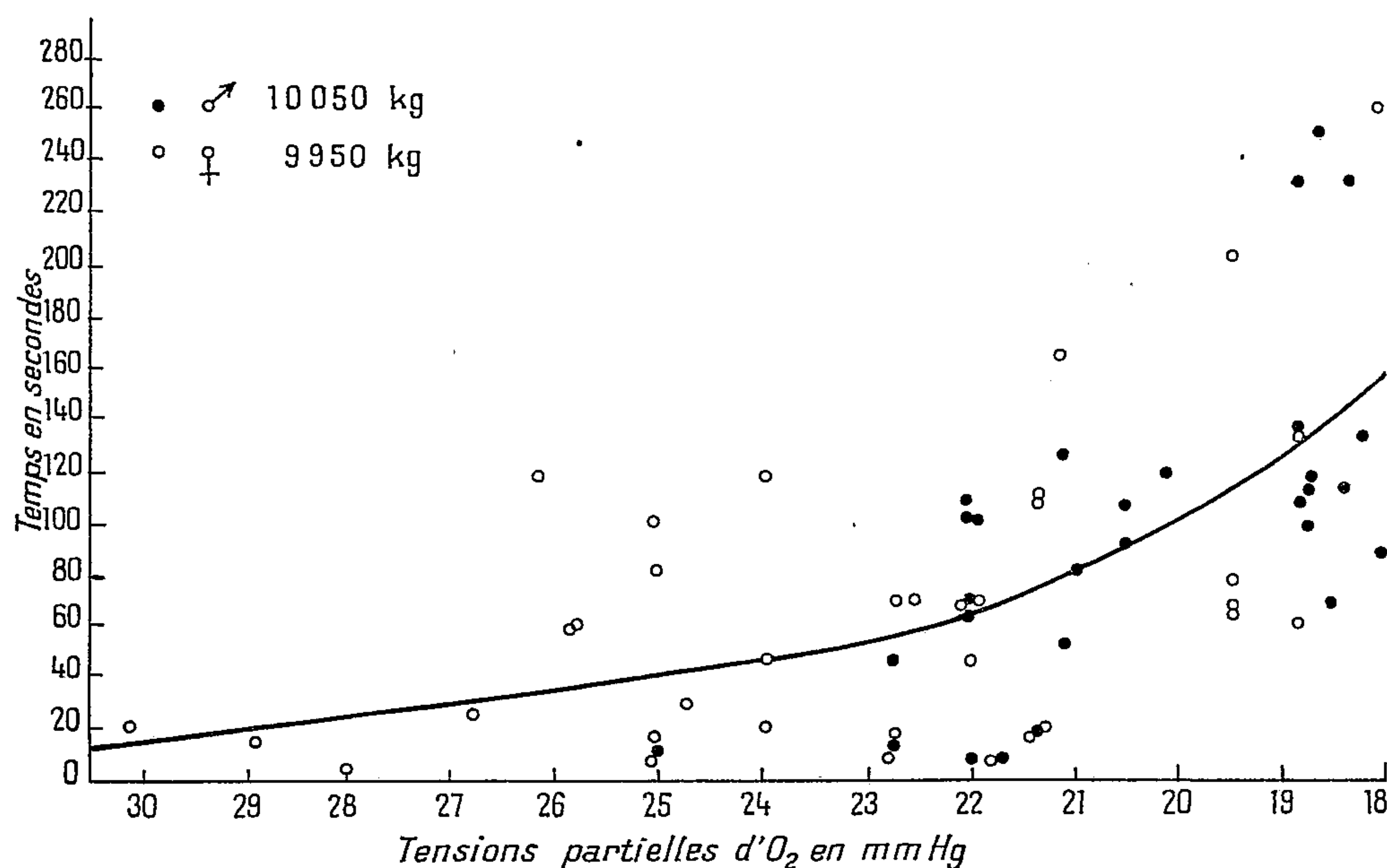
(*) Séance du 17 octobre 1955.

reprise de l'activité consciente et le degré ainsi que la durée de la sous-oxygénation à laquelle a été soumis l'animal.

En vue de préciser semblable relation, nous avons expérimenté sur deux chiens non anesthésiés, soumis, en caisson pneumatique à dépression, à des sous-oxygénations poussées jusqu'à l'arrêt respiratoire. La pression barométrique du sol est alors rétablie dans le caisson, avec de l'air normal. On mesure soigneusement le temps écoulé entre le premier mouvement respiratoire, dit agonique (qui amorce ici la réoxygénation de l'organisme) et l'instant où le chien ouvre les yeux et redresse la tête. En trois mois, 32 épreuves furent réalisées sur chaque animal.

Pour l'un des sujets, le temps moyen nécessaire au réveil fut de 93,59 ± 10,79 s, la tension partielle de l'oxygène, au début de l'apnée étant, pour l'ensemble des expériences, de 20,31 mm Hg.

Le second animal sortit du coma anoxique 70,19 ± 9,98 s en moyenne, après la reprise respiratoire à l'air normal, la tension partielle de l'oxygène au moment de l'apnée étant plus élevée, 22,57 mm Hg pour l'ensemble des épreuves.



Temps de réoxygénation nécessaire à la reprise de l'activité neuro-motrice chez le chien éveillé soumis à l'anoxie.

Ainsi l'animal qui a subi la sous-oxygénation la plus intense a repris son activité neuromotrice plus tardivement par rapport au chien dont la respiration s'est arrêtée avec une tension partielle d'oxygène moins abaissée.

Le même phénomène d'allongement de la période de réoxygénation en cas de coma anoxique, se retrouve chez chaque animal pris individuellement, si nous considérons les 16 épreuves au cours desquelles l'apnée est survenue avec les tensions partielles d'oxygène les plus basses et les 16 épreuves au cours desquelles elle est survenue avec les tensions d'oxygène les plus élevées.

Chez le premier chien, nous trouvons un temps de latence moyen de 63,87 $\pm$ 10,5 s, pour une tension partielle d'oxygène moyenne au moment de l'apnée, supérieure à 20,31 mm Hg, et un temps de 123,31 $\pm$ 15,8 s pour les tensions inférieures.

Chez le second animal le temps moyen de latence est de 48,75 $\pm$ 9,8 s pour les 16 épreuves au cours desquelles l'apnée est survenue avec une tension partielle d'oxygène supérieure à 22,57 mm Hg et un temps de 91,63 $\pm$ 19,37 s pour une tension partielle inférieure. Toutes ces variations sont statistiquement significatives.

La courbe représentative de la moyenne des temps de réoxygénation nécessaires à la disparition du coma des chiens éveillés, en fonction des tensions partielles d'oxygène dans l'air inhalé, au moment de l'arrêt respiratoire, fait apparaître un accroissement progressivement plus grand du temps de latence, au fur et à mesure que l'apnée survient avec une atmosphère plus pauvre en oxygène. Cette inflexion de la courbe peut s'expliquer par la prolongation du séjour en atmosphère raréfiée lorsque le degré de dépression susceptible d'entraîner l'apnée doit être poussé, la puissance d'aspiration de la pompe à vide dont nous disposons ne pouvant être augmentée afin de maintenir le temps de l'épreuve constant.

L'augmentation, en fonction du degré et de la durée de la sous-oxygénation, de la durée de réoxygénation indispensable au réveil d'un animal non anesthésié, en coma anoxique, fait penser que la récupération de l'activité normale n'est possible qu'après neutralisation, sous l'influence de l'oxygène, de produits inhibiteurs accumulés pendant la période d'anoxie.

M. **Gaston Julia** rend compte des Cérémonies du Centenaire de l'École polytechnique fédérale de Zurich, auxquelles il a représenté l'Académie avec MM. **Darrieus** et **Dupouy**, du 20 au 23 octobre dernier.

M. **André Danjon** fait hommage d'un Ouvrage intitulé : *Astronomie populaire Camille Flammarion* qu'il vient de rééditer en collaboration avec Mme Camille Flammarion. C'est une refonte complète de l'Ouvrage publié en 1879 par Flammarion. MM. André Couder, Fernand Baldet, Charles Fehrenbach, Raymond Michard et Audouin Dollfus ont collaboré à la nouvelle rédaction.

M. **Georges Chaudron** fait hommage à l'Académie : 1° d'un Ouvrage intitulé *Silicium, Soufre, Phosphates. Colloque de la Section de chimie inorganique de l'Union internationale de chimie pure et appliquée,* Colloque qui s'est tenu à Münster (Westphalie), du 2 au 6 septembre 1954 et qu'il a présidé; 2° Le *Programme des études* de l'*École nationale supérieure de chimie,* dont il est le Directeur.

M. **Armand de Gramont** présente un fascicule des *Publications scientifiques et techniques du Ministère de l'Air* intitulé : *Sensitométrie photographique,* par Maurice Roulleau, dont il a écrit la *Préface.*

Les Ouvrages suivants sont présentés :

par M. **Georges Chaudron** : *Les ions en solutions,* par René Audubert. I. *Équilibres électrochimiques.* II. *Cinétique électrochimique.*

par M. **Roger Heim** : *Pro Natura.* Collection publiée par l'Union internationale pour la protection de la nature. Vol. II. *Hydroélectricité et protection de la nature. Une confrontation,* préparé par Lord Hurcomb.

CORRESPONDANCE.

M. **Georges Darmois** prie l'Académie de bien vouloir le compter au nombre des candidats à la place vacante, dans la Section d'astronomie, par le décès de M. *Jean Chazy.*

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Du Pont. The autobiography of an american enterprise. The story of E. I. Du Pont de Nemours & Company published in commemoration of the* 150*th anniversary of the founding of Company on July* 19, 1802.

2° *Un certain Monsieur Dupont....* [Eleuthère-Irénée Dupont de Nemours].

3° G. E. Villar. *Elementos de atomistica.* Cuarta edicion.

4° A. Ia. Kokin. *Issledovania bolynogo rastenia.* (Recherches sur les maladies des végétaux.)

5° Académie des sciences de l'U. R. S. S. Filiale de l'Oural. *Fizika metallov i metallovedenie.* Tome I, n° 1.

Il signale également un fascicule polycopié : *Travaux sur le tétanos en milieu rural. Réunis à l'occasion du V*e *Congrès de médecine rurale, à Reims, le* 12 *juin* 1955, *par le Docteur* G. Cuvier, *Conseiller technique médical.*

ALGÈBRE. — *Sur un critère de stabilité de fonctionnement des machines mathématiques analogiques.* Note (*) de M. **Maurice Parodi**, présentée par M. Henri Villat.

Les utilisateurs de machines mathématiques analogiques ont souvent recours, ainsi qu'il est connu, au critère empirique suivant : une matrice carrée $A=(a_{ij})$, d'ordre n à éléments réels, est, en général définie positive si ses éléments diagonaux a_{ii}, tous positifs, sont supérieurs au plus grand module des éléments non diagonaux se trouvant sur les lignes et les colonnes correspondantes [1].

Dans un travail antérieur, nous avons justifié, dans une certaine mesure, cette règle empirique [2]. Nous nous proposons ici, en nous appuyant sur un résultat de M. A. Ostrowski, de préciser des circonstances dans lesquelles la règle précédente assure *rigoureusement* que la matrice $A=(a_{ij})$ est définie positive.

Étant donnée une matrice carrée $A=(a_{ij})$ d'ordre n à éléments réels, nous désignerons par m_i le module maximum des éléments non diagonaux de la ligne de rang i.

M. A. Ostrowski a montré [3] que si l'on choisit n nombres positives K_1, K_2, ... K_n tels que

$$\sum_{i=1}^{1}\frac{1}{K_i+1}\leq 1 \tag{1}$$

les valeurs caractéristiques de la matrice A se situent dans le domaine formé par la réunion des n circonférences

$$|z-a_{ii}|\leq K_i^{\frac{1}{q}}\,P_i^{(p)}(i=1,2,\ldots,n) \tag{2}$$

où

$$\frac{1}{p}+\frac{1}{q}=1 \tag{3}$$

p et q étant des constantes réelles positives, avec la notation

$$P_i^{(p)}=\left[\sum_{\substack{j=1\\ j\neq i}}^{n}|a_{ij}|^p\right]^{\frac{1}{p}}\quad (i=1,2,\ldots,n) \tag{4}$$

(*) Séance du 17 octobre 1955.

(1) F. H. Raymond, *Annales de Télécommunications*, 5, 1950, p. 1.

(2) *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 204; *Mémorial des sciences mathématiques*, fasc. 118, Gauthier-Villars, Paris, 1952.

(3) A. Ostrowski, *Rendiconti di matematica e delle sue applicazioni*, Série V, vol. X, fasc. 1-2, 1951, p. 156.

Faisant $p = \infty$, $q = 1$ ce qui est légitime, il apparaît que le domaine des valeurs caractéristiques de A est formé par la réunion des n circonférences

$$|z - a_{ii}| \leqq K_i m_i \qquad (i = 1, 2, \ldots, n). \tag{3}$$

Il en résulte : *Une matrice* $A = (a_{ij})$ *d'ordre n à éléments réels, est définie positive si ses éléments diagonaux* $a_{ii}(i = 1, 2, \ldots, n)$ *sont positifs et s'il est possible de trouver n nombres positifs* $K_1, K_2, \ldots, K_n$ *satisfaisant à l'inégalité*

$$\sum_{i=1}^{n} \frac{1}{K_i + 1} \leqq 1 \tag{1}$$

tels que l'on ait

$$a_{ii} > K_i m_i \qquad (i = 1, 2, \ldots, n). \tag{6}$$

Notons que nous avons travaillé sur les lignes de la matrice A; le résultat obtenu demeure valable si l'on raisonne sur les colonnes; m_i est alors le module maximum des éléments non diagonaux de la colonne de rang i. Mais il suffit que les conditions de l'énoncé soient satisfaites pour les lignes ou les colonnes, pour que la matrice A soit définie positive.

Nous obtenons ainsi une nouvelle justification partielle du critère empirique et nous en précisons des conditions rigoureuses de validité.

ASTROPHYSIQUE. — *Le spectre de Z* Andromedæ *en août* 1954 *et janvier* 1955. Note de Mlle **Marie Bloch** et M. **Tcheng Mao-Lin**, présentée par M. André Danjon.

Pour la première fois, [Ca VII] apparaît en forte émission dans le spectre de Z *Andromedæ*. La température de couleur a diminué de 1946 à 1954, tandis que la température électronique semblait augmenter, mais l'absorption par l'oxyde de titane contribue peut-être à la faire surestimer pendant les dernières années.

Z *Andromedæ* est, parmi les étoiles symbiotiques, l'une des plus caractéristiques et des mieux étudiées; son spectre est observé depuis 1923. En 1939, elle a subi une brusque augmentation d'éclat de genre nova et son spectre était de type P *Cygni*. Mais toutes les observations faites avant et après cette période montrent un spectre de combinaison avec, sur un fond d'étoile M, de nombreuses raies d'émission dont quelques unes correspondent à de fortes excitations (He II, N III, [Ne III], [O III], [Fe VII]). Ces raies sont soumises à des fluctuations d'intensité sans que les éléments représentés varient beaucoup.

Nous avons observé cette étoile à l'Observatoire de Haute-Provence, à diverses époques depuis 1946. Nos derniers clichés obtenus en août 1954 et janvier 1955 montrent une grande intensité des raies correspondant aux plus hauts potentiels d'ionisation, notamment de He II et de [Fe VII].

Le fait le plus important est la présence d'une très forte émission à 5619 Å qui correspond à la raie $^3P_2 - {}^1D_2$ de [Ca VII]. C'est la première fois que cet élément est identifié dans le spectre de Z *Andromedæ*. L'autre composante du doublet, $^3P_1 - {}^1D_2$, 4941 Å, se superpose à la raie $^3F_2 - {}^3P_2$ de [Fe VII] à 4942 Å.

Les mesures d'intensité des raies interdites de OIII montrent un affaiblissement des raies nébulaires, 5007 et 4959 Å, par rapport à la raie aurorale, 4363 Å, de 1948 à 1954. En cette dernière année, 4959 Å est même devenue tout à fait inobservable. La diminution de ce rapport indiquerait une augmentation de la température électronique. A partir du rapport des intensités des raies 4363 et 5007 Å, nous trouvons :

	Température électronique : (°K)
8 juillet 1948	9 650
2 octobre 1952	10 550
12 août 1954	12 250

En même temps, les mesures photométriques du fond continu font apparaître une diminution progressive de la température de couleur :

	Température de couleur : (°K).
7 juin-1er juillet-8 août 1946	5 300
8 juillet 1948	4 700
2 octobre 1952	4 400
12 août 1954	3 500

Le fond continu correspond donc à celui d'une étoile de plus en plus froide, et présente les bandes d'absorption de Ti O avec une intensité croissante. Il est tout à fait évident que cette absorption se fait sentir sur les raies d'émission qui sont situées dans les bandes d'absorption, et, en particulier, la bande 1,0 du système bleu-vert (tête de bande à 4955 Å) agit sur la raie 4959 Å de [O III]. On ne peut expliquer autrement le fait que, en 1954, 5007 Å soit encore très brillante et 4959 Å totalement absente alors que le rapport des probabilités de transitions de ces deux raies est voisin de 3. L'absorption se fait peut-être même sentir jusqu'à 5007 Å, et nous amènerait à trouver des températures électroniques trop élevées à mesure que l'étoile devient plus rouge. Il est clair que l'émission des raies de [O III] ne se produit pas dans une couronne extérieure à l'atmosphère où se forment les bandes de Ti O (1).

Nos observations montrent des variations continues, à la fois dans la dimi-

(1) Le modèle proposé récemment par J. Gauzit (*Comptes rendus*, 241, 1955, p. 793) pour l'étoile AX Persei ne convient pas dans le cas de Z *Andromedæ*, ni, comme nous le montrerons ailleurs, dans le cas de la plupart des étoiles symbiotiques.

nution de la température de couleur, et dans le renforcement des raies de plus haute excitation, He II, [Fe VII], et l'apparition de [Ca VII] en août 1954 ; en janvier 1955, le spectre n'a pas sensiblement changé, mais l'étoile étant très basse sur l'horizon, nous n'avons pas pu faire de mesures photométriques. Il est possible que la distribution des dates d'observations n'ait pas permis de mettre en évidence les fluctuations plus courtes et irrégulières que semblent trouver d'autres auteurs dans des observations antérieures à 1951.

RELATIVITÉ. — *Compléments à la théorie de la relativité.*
Note de M. **René Reulos**, présentée par M. Joseph Pérès.

L'auteur a utilisé ([1]) la transformation orthogonale linéaire complexe dont la matrice est représentée en notations abrégées par l'une ou l'autre des expressions

$$(1)\qquad \frac{1}{\alpha}\begin{pmatrix} \delta_{kr} + i\,\delta_{krs}\beta_s, & i\beta_k \\ -i\beta_r, & 1 \end{pmatrix}$$

$$(2)\qquad \frac{1}{\alpha}\begin{pmatrix} \delta_{kr} + i\,\delta_{krs}\dfrac{v_s}{c}, & -v_k \\ -\dfrac{v_r}{c^2}, & 1 \end{pmatrix}$$

(1) est supposé opérer sur l'espace universel de Minkowski $x_1 x_2 x_3 x_4$ où $x_4 = ict$, (2) opère sur l'espace $x_1 x_2 x_3 t$, $v_1 v_2 v_3$ représentent les composantes d'une vitesse, la quatrième composante de cette grandeur ayant pour expression $v_4 = ic$. On a en outre $v = \sqrt{v_1^2 + v_2^2 + v_3^2}$, $\beta = v/c$, et $\alpha = \sqrt{1 - \beta^2}$. La matrice (1) est écrite en notations développées dans l'article cité.

La théorie de la Relativité restreinte permet en principe d'utiliser la transformation ci-dessus à la place de la transformation de Lorentz dont elle possède les propriétés essentielles, lorsqu'il s'agit de transformer des vecteurs ou tenseurs à composantes complexes.

Effectivement, l'auteur a appliqué cette nouvelle transformation aux champs et potentiels de la théorie électromagnétique, il a retrouvé les résultats classiques avec des conditions de variance adaptées à la nouvelle transformation. En particulier, il a obtenu facilement les *formules de Thomson*, qui donnent le champ électromagnétique d'une charge ponctuelle en mouvement.

L'auteur rappelle qu'il a imaginé cette transformation pour rattacher directement le champ électromagnétique à l'onde ψ de la mécanique ondulatoire ([2]).

([1]) René Reulos, *Annales de l'Institut Fourier*, V, 1953-1954, formules (22) p. 471 et (1) p. 528.

([2]) René Reulos, *Annales de l'Institut Fourier*, V, 1952-1954, chap. III, § 3 et 4 p. 528. Voir également : *On a non classical transformation in Special Relativity* (*Physical Review*), à paraître.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Les niveaux excités des noyaux pair-pair et le modèle de Bohr-Mottelson.* Note (*) de MM. **Maurice Jean** et **Lawrence Wilets**, présentée par M. Louis de Broglie.

Il est maintenant bien connu que parmi les noyaux pair-pair il existe une classe dont les régularités s'interprètent d'une manière remarquable à l'aide du modèle unifié de A. Bohr et B. Mottelson [1]. Il s'agit des noyaux dont les premiers niveaux excités correspondent à un spectre de rotation et que l'on trouve dans les régions $150 < A < 190$ et $A > 225$. Dans le cadre du modèle unifié, ces états résultent de mouvements collectifs qui, dans les régions considérées se séparent en mouvements du genre rotations et oscillations au voisinage d'une forme d'équilibre à symétrie axiale. Celle-ci, caractérisée par les valeurs d'équilibre β_1 et $\gamma_1 = 0$ ou π des paramètres β et γ est essentiellement déterminée par la configuration des nucléons. Une autre large classe de noyaux pair-pair (spécialement dans la région $65 < A < 150$), dont la systématique a été récemment étudiée par G. Goldhaber et J. Weneser [2], possède des niveaux excités dont les caractéristiques ont été interprétées comme correspondant à des vibrations collectives quadrupolaires autour d'une forme d'équilibre sphérique. Nous montrons dans ce travail, sur une suggestion de A. Bohr et Mottelson, que ces régularités peuvent être interprétées dans un cadre plus large.

Le modèle considéré ici admet (comme le suggèrent les données expérimentales) que les noyaux qui nous intéressent peuvent être décrits d'une manière collective par l'hamiltonien de surface de A. Bohr [3] dans lequel l'influence des nucléons individuels n'apparaît finalement que par l'addition d'un potentiel effectif $W(\beta, \gamma)$. Le spectre de rotation est obtenu lorsque ce potentiel stabilise γ au voisinage d'une valeur d'équilibre $\gamma_1 = 0$, $\pm \pi/3$, $\pm 2\pi/3$ ou π. Nous avons au contraire considéré l'hypothèse extrême : celle où *le potentiel* W *est indépendant de* γ, *c'est-à-dire des propriétés de symétrie de la déformation*. C'est ce que nous appellerons *hypothèse de complète instabilité* γ Dans ces conditions la variable β se sépare de sorte que la fonction d'onde est de la forme $\Psi(\beta, \gamma, \theta_i) = f^{n_\beta}_{(\gamma)} \Phi^{IM\lambda}_{(\beta, \theta_i)}$ où Φ satisfait à (53) de la référence [3] et $f(\beta)$ à (54) où s'ajoute le terme $W(\beta)$.

Pour de *grandes déformations* (couplage fort) on a de faibles oscillations au voisinage d'une position d'équilibre $\beta = \beta_1$ et l'énergie est approximativement

(*) Séance du 10 octobre 1955.

(1) *Dan. Mat. Fys. Medd.*, **27**, n° **16**, 1953.

(2) *Phys. Rev.*, **98**, 1955, p. 213.

(3) *Dan. Mat. Fys. Medd.*, **26**, n° **14**, 1952.

$E_{n_\beta\lambda} = (n_\beta/2)\hbar\omega + (\hbar^2/2B\beta_1^2)\lambda(\lambda+3)$ avec $n_\beta = 0, 2, 4, \ldots$ et $\lambda = 0, 1, 2, \ldots$ Les bas niveaux ($n_\beta = 0$) sont dégénérés par rapport au moment angulaire I et se présentent comme en (*a*) de la figure 1. Pour de *faibles déformations* ($W \to 0$) le spectre est voisin de celui de la surface libre avec des niveaux également séparés par l'énergie de phonon $\hbar\omega$ suivant $E_{n_\beta\lambda} = (n_\beta + \lambda)\hbar\omega$ [*cf.* partie (*b*) de la figure 1]. Les *situations intermédiaires* peuvent être étudiées en discutant l'équation à laquelle satisfait $f(\beta)$. On obtient alors une variation du rapport des énergies E_2/E_1 (*fig.* 1), en fonction de $E_1/\hbar\omega$ entre les

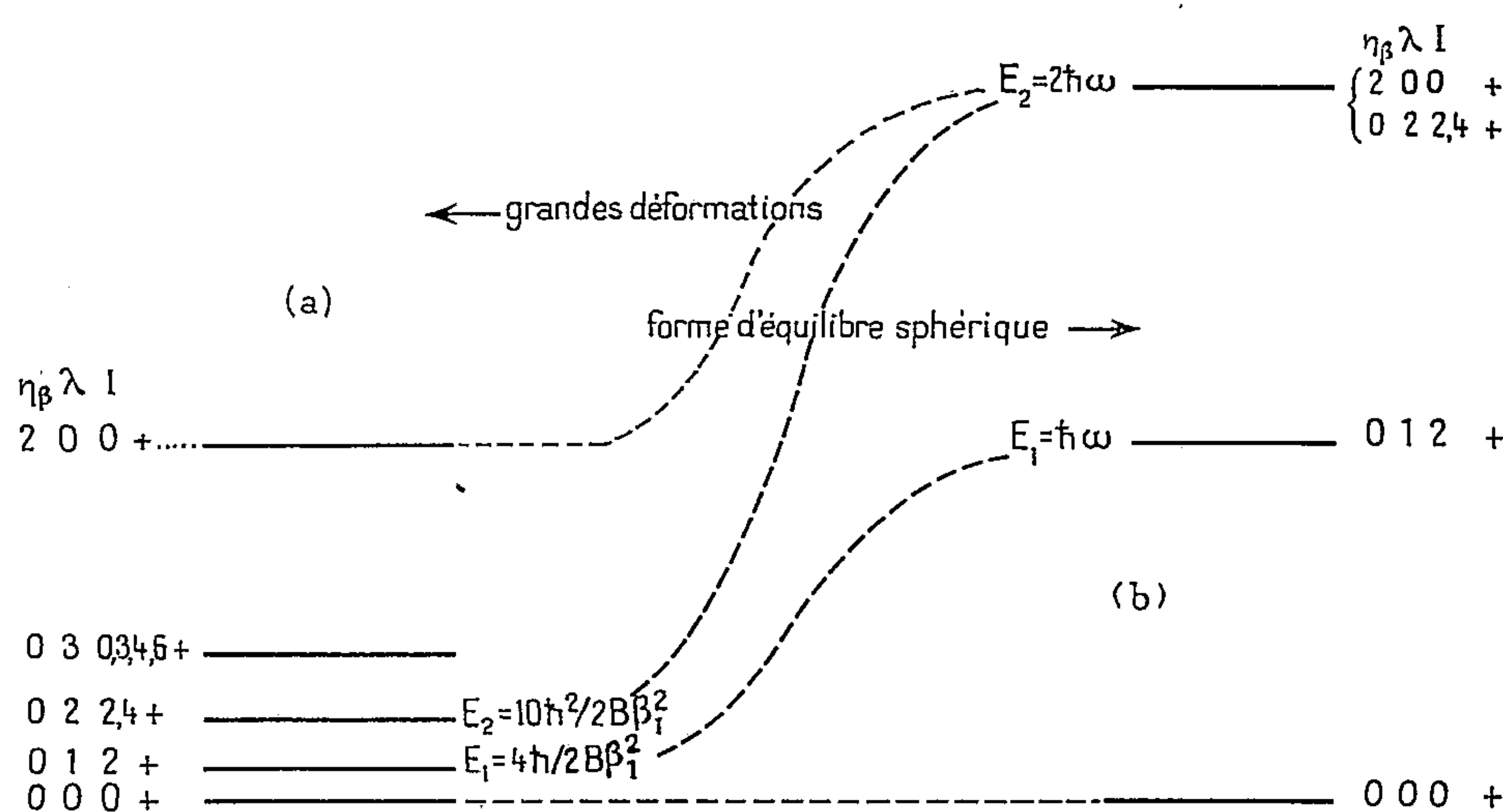


Fig. 1.

valeurs 2,5 et 2 en accord qualitatif avec les données expérimentales. Il est à noter que les deux situations extrêmes se distinguent par la position du premier état excité 0^+. D'autre part l'hypothèse de complète instabilité γ a, en ce qui concerne les transitions électromagnétiques, des conséquences aussi en accord qualitatif avec les données expérimentales. Ainsi pour les deux premiers niveaux excités (2^+) les règles de sélection sont les suivantes : (*fig.* 2).

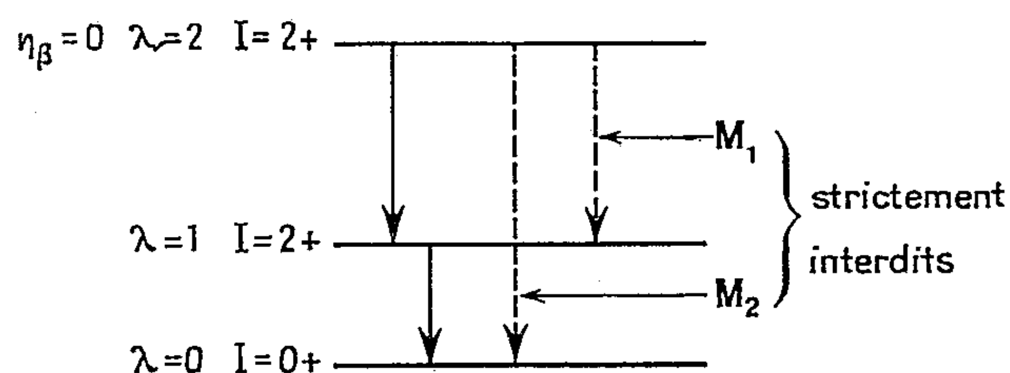


Fig. 2.

Le modèle envisagé ci-dessus est évidemment trop extrême et a besoin d'être amélioré. Des déviations par rapport à l'instabilité γ permettent d'expliquer

qualitativement de faibles transitions E2 directes ainsi que l'existence éventuelle de multiplets. Pour expliquer les faibles rayonnements M1 observés, il est nécessaire de tenir compte explicitement de la structure de particule. Cependant pour une meilleure compréhension de ces effets, il semble indispensable d'étudier plus à fond l'énergie potentielle et cinétique collective en fonction des configurations des nucléons et éventuellement des interactions résiduelles (4).

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur les équations approchées de la théorie d'Einstein-Schrödinger*. II. Note de Mme **Marie-Antoinette Tonnelat**, présentée par M. Louis de Broglie.

1. D'après les principes de la théorie d'Einstein, les lois du champ unifié se traduisent toujours par les équations sans second membre

$$R_{\mu\nu}(\Gamma) - \lambda g_{\mu\nu} = 0. \tag{1}$$

En faisant les approximations habituelles sur la partie antisymétrique

$$\varphi_{\mu\nu} = g_{\underset{\vee}{\mu\nu}} \simeq \varepsilon \underset{1}{\varphi}_{\mu\nu} + \varepsilon^2 \underset{2}{\varphi}_{\mu\nu} + \ldots \tag{2}$$

du tenseur fondamental $g_{\mu\nu}$, on obtient à partir de (1) des équations que nous avons explicitées dans une précédente Note (1). Nous désignerons leur ensemble par I. Elles font intervenir, en particulier, le tenseur

$$\partial_\mu \Gamma_\nu - \partial_\nu \Gamma_\mu = -\frac{3\chi}{4} F_{\mu\nu} \qquad \left(\Gamma_\mu = \Gamma^\rho_{\underset{\vee}{\mu\rho}}\right). \tag{3}$$

2. Ces résultats sont obtenus sans aucune hypothèse sur l'ordre de grandeur des $\gamma_{\mu\nu} = g_{\underline{\mu\nu}}$. Si l'on suppose maintenant que les $\gamma_{\mu\nu}$ diffèrent de leurs valeurs galiléennes par des termes du premier ordre

$$\gamma_{\mu\nu} = g_{\mu\nu} = \eta_{\mu\nu} + \varepsilon \gamma_{\mu\nu} + \varepsilon^2 \gamma_{\mu\nu} + \ldots, \tag{4}$$

on obtient, à partir des équations I :

Au premier ordre. — *Pour l'électromagnétisme :*

$$(5)_1 \qquad \eta^{\rho\sigma} \partial_\rho \underset{1}{\varphi}_{\mu\sigma} = 0,$$
$$(6)_1 \qquad \dot{\Box} \underset{1}{\varphi}_{\mu\nu} = -\chi \underset{1}{F}_{\mu\nu}, \qquad (\dot{\Box} = \partial^\rho \partial_\rho),$$

---

(4) A. Bohr et B. Mottelson, *Rotations and vibrations of the Nuclear Shell Structure* (à paraître).

(1) M.-A. Tonnelat, *Comptes rendus*, 241, 1955, p. 168.

avec les conditions

(7)₁ $$\eta^{\rho\sigma}\partial_\sigma \underset{1}{\varphi}_{\mu\nu\rho} = -\chi \underset{1}{F}_{\mu\nu},$$

(8)₁ $$\eta^{\rho\sigma}\partial_\sigma\left(\chi \underset{1}{F}_{\mu\sigma}\right) = 0,$$

(9)₁ $$\dot{\Box}\, \underset{1}{\varphi}_{\mu\nu\rho} = 0.$$

Pour la gravitation :

(10)₁ $$\underset{1}{G}_{\mu\nu} = \underset{1}{\mathcal{L}}_{\mu\nu} = 0,$$

en posant

(11) $$\mathcal{L}_{\mu\nu} = \frac{1}{2}\eta^{\rho\sigma}\mathcal{L}_{\sigma\mu\nu\rho} = \frac{1}{2}\eta^{\rho\sigma}(\partial_\rho\partial_\mu\gamma_{\nu\sigma} + \partial_\sigma\partial_\nu\gamma_{\mu\rho} - \partial_\rho\partial_\sigma\gamma_{\mu\nu} - \partial_\mu\partial_\nu\gamma_{\rho\sigma})$$

Au deuxième ordre. — *Pour l'électromagnétisme :*

(5)₂ $$\eta^{\rho\sigma}\partial_\rho \underset{2}{\varphi}_{\mu\sigma} + \underset{1}{\gamma}^{\sigma\rho}\partial_\rho \underset{1}{\varphi}_{\mu\sigma} + \eta^{\rho\sigma}(\nabla_\rho - \partial_\rho)_1 \underset{1}{\varphi}_{\mu\sigma} = 0,$$

(6)₂ $$\Box \underset{2}{\varphi}_{\mu\nu} + \underset{1}{\gamma}^{\rho\sigma}\partial_\sigma\partial_\rho \underset{1}{\varphi}_{\mu\nu} + \eta^{\rho\sigma}(\nabla_\sigma\nabla_\rho - \partial_\sigma\partial_\rho)_1 \underset{1}{\varphi}_{\mu\nu} = -\chi \underset{2}{F}_{\mu\nu} - 2\underset{1}{G}^{\rho\sigma}{}_{\mu\nu}\underset{1}{\varphi}_{\rho\sigma}$$

avec les conditions

(7)₂ $$\eta^{\rho\sigma}\partial_\sigma \underset{2}{\varphi}_{\mu\nu\rho} + \underset{1}{\gamma}^{\rho\sigma}\partial_\sigma \underset{1}{\varphi}_{\mu\nu\rho} + \eta^{\rho\sigma}(\nabla_\sigma - \partial_\sigma)_1 \underset{1}{\varphi}_{\mu\nu\rho} = -\chi \underset{2}{F}_{\mu\nu} - 2\underset{1}{G}^{\rho\sigma}{}_{\mu\nu}\underset{1}{\varphi}_{\rho\sigma},$$

(8)₂ $$\eta^{\rho\sigma}\partial_\rho\left(\chi \underset{2}{F}_{\mu\sigma}\right) + \eta^{\rho\sigma}(\nabla_\rho - \partial_\rho)_1\left(\chi \underset{1}{F}_{\mu\sigma}\right) + \underset{1}{\gamma}^{\rho\sigma}\partial_\rho\left(\chi \underset{1}{F}_{\mu\sigma}\right) = -2\underset{1}{G}_{\mu\rho}{}^{\lambda\nu}\eta^{\rho\sigma}\left(\partial_\sigma \underset{1}{\varphi}_{\lambda\nu}\right),$$

(9)₂ $$\frac{1}{6}\varepsilon^{\mu\nu\lambda\sigma}\left(\dot{\Box}\, \underset{2}{\varphi}_{\mu\nu\lambda} + \underset{1}{\gamma}^{\rho\tau}\partial_\rho\partial_\tau \underset{1}{\varphi}_{\mu\nu\lambda} + \eta^{\rho\tau}(\nabla_\rho\nabla_\tau - \partial_\rho\partial_\tau)_1 \underset{1}{\varphi}_{\mu\nu\lambda}\right) = -\varepsilon^{\mu\nu\lambda\sigma}\underset{1}{G}^{\tau\rho}{}_{\mu\nu}\left(\partial_\lambda \underset{1}{\varphi}_{\tau\rho}\right).$$

A. Einstein et B. Kaufman ([2]) ont discuté les conséquences de $(8)_2$ dans l'hypothèse $F_{\mu\nu} = 0$ (système « fort »). E. Schrödinger ([3]) a examiné $(9)_2$ dans le cas $\varphi_{\mu\nu\rho} = 0$. On doit avoir d'après les conclusions de l'un et l'autre de ces travaux $F_{\mu\nu} \neq 0$, $\varphi_{\mu\nu\rho} \neq 0$.

Pour la gravitation :

(10)₂ $$\underset{2}{G}_{\mu\nu} - \frac{1}{2}\eta_{\mu\nu}\underset{2}{G} - \frac{1}{2}\underset{1}{\gamma}_{\mu\nu}\underset{1}{\mathcal{L}} = \chi\left(\underset{2}{\tau}_{\mu\nu} + \underset{2}{M}_{\mu\nu} + \underset{2}{X}_{\mu\nu}\right)$$

avec

(12) $$\underset{2}{G}_{\mu\nu} = \underset{2}{\mathcal{L}}_{\mu\nu} + \frac{1}{2}\underset{2}{\gamma}^{\rho\sigma}\underset{2}{\mathcal{L}}_{\sigma\mu\nu\rho} + \eta^{\rho\lambda}\eta^{\sigma\tau}\left(\left[\underset{1}{\mu\rho}, \sigma\right]\left[\underset{1}{\lambda\nu}, \tau\right] - \left[\underset{1}{\mu\nu}, \sigma\right]\left[\underset{1}{\lambda\rho}, \tau\right]\right).$$

3. Les équations ( )₁ et ( )₂ peuvent donc se déduire des expressions plus synthétiques I qui ne supposent aucune approximation sur les $\gamma_{\mu\nu}$. On peut obtenir ces équations I à quelque ordre que ce soit, donné à l'avance, et sans approximations successives à partir de la solution générale de $g_{\underset{+-}{\mu\nu};\rho} = 0$ ([4]).

([2]) A. Einstein et B. Kaufman (Louis de Broglie, Albin Michel, 1952, p. 321).
([3]) E. Schrödinger, *Proc. Roy. Ir. Acad.* A 56, 1954, p. 13.
([4]) M.-A. Tonnelat, *Journ. Phys.*, 12, 1951, p. 81; 16, 1955, p. 21.

4. Les équations I et les équations ci-dessus font intervenir le champ $F_{\mu\nu}$ défini en (3). En général ce tenseur n'apparaît pas dans les équations de la théorie car on substitue à la partie antisymétrique de (1)

$$R_{\underset{\vee}{\mu\nu}}^{(\Gamma)} - \lambda\varphi_{\mu\nu} = 0 \qquad \text{ou} \qquad W_{\underset{\vee}{\mu\nu}}^{(\Gamma)} - \lambda\varphi_{\mu\nu} = (\partial_\mu \Gamma_\nu - \partial_\nu \Gamma_\mu)$$

les équations $\partial_\rho W_{\underset{\vee}{\mu\nu}} + \partial_\nu W_{\underset{\vee}{\rho\mu}} + \partial_\mu \mathbf{W}_{\underset{\vee}{\nu\rho}} = \lambda\varphi_{\mu\nu\rho}$ qui en sont des conséquences. Or nous pensons que l'intervention du tenseur $F_{\mu\nu}$, qui est toujours sous-entendue mais jamais explicitée est au contraire essentielle. Elle entraîne l'apparition d'un tenseur de Maxwell (5)

$$\tau_{\mu\nu} = \frac{1}{4}\gamma_{\mu\nu} F_{\rho\sigma}\varphi^{\underline{\rho}\,\underline{\sigma}} - \frac{1}{2}(F_{\mu\rho}\varphi_{\nu}^{\underline{\rho}} + F_{\nu\rho}\varphi_{\mu}^{\underline{\rho}})$$

que semble requérir une éventuelle généralisation des équations du mouvement (6). On peut se demander si une hypothèse convenable liant le champ $F_{\mu\nu}$, rotationnel d'un vecteur arbitraire, au champ $\varphi_{\mu\nu}$ ne permettrait pas de déduire la loi de Coulomb des équations du champ unifié.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur une méthode nouvelle d'obtention des niveaux de rotation nucléaires* (III). Note de M. **Claude Marty**, présentée par M. Louis de Broglie.

On analyse en détail comment peuvent être obtenus les spectres de rotation des noyaux à cœurs asymétriques ou possédant un axe de symétrie.

1. Explicitement, la perturbation de rotation, T_{rot}, employée dans les Notes précédentes (1) s'écrit

$$(1) \qquad T_{rot} = a(\vec{I} - \vec{J})^2 + b(I_3 - J_3)^2 + c\,\{(I_1 - J_1)^2 - (I_2 - J_2)^2\},$$

où les coefficients a, b, c se rapportent à la structure du cœur nucléaire. Comme il a été dit dans (II), on envisagera deux cas selon que le cœur a un axe de symétrie ou non.

2. *Cœur sans axe de symétrie*. — Les coefficients a, b, c sont alors sensiblement du même ordre de grandeur et l'on traite l'ensemble de T_{rot} comme une perturbation. Dans ce cas, les fonctions propres de l'hamiltonien d'ordre zéro, $\mathcal{H}$, sont dégénérées par rapport à I et K. On obtient les niveaux de rotation en diagonalisant la matrice de perturbation dont les éléments non nuls

(5) Rappelons les notations $\varphi F^{\nu} \,\|\, \gamma^{\mu\rho}\gamma^{\mu\sigma}\varphi_{\rho\sigma}$.
(6) W. B. Bonnor, *Proc. Roy. Soc.*, 226 A, 1954, p. 366.

(1) C. Marty, *Comptes rendus*, 241, 1955, p. 855 et 928 (notés I et II dans la suite).

sont (si $K > 0$)

$$(2)\quad \begin{cases} \langle \tau \mathcal{E} IMK \,|\, T_{rot} \,|\, \tau \mathcal{E} IMK \rangle = \mathcal{A} I(I+1) + \mathcal{B} K^2 + \mathcal{C} K + \mathcal{D} - (-)^{I+\frac{1}{2}} \delta_{K,\frac{1}{2}} \left(I + \frac{1}{2}\right) \mu, \\ \langle \tau \mathcal{E} IMK + 2 \,|\, T_{rot} \,|\, \tau \mathcal{E} IMK \rangle = \frac{(c)}{2} \{ f_I(-K-2) f_I(-K-1) + f_I(K) f_I(K+1) \}. \end{cases}$$

Dans (2), $f_I(K) = \sqrt{I(I+1) - K(K+1)}$, les coefficients $\mathcal{A}$, $\mathcal{B}$, ..., (c), dépendant à nouveau de la structure nucléaire d'une façon qui ne peut être détaillée ici.

Il est plus important de noter que les valeurs admissibles de K varient toujours de 2 en 2, comme il résulte des propriétés de symétrie des fonctions d'ondes étudiées en (II). Les valeurs possibles de I varient de 1 en 1 si la valeur $K = 0$ n'appartient pas à la famille de niveaux de rotation (noyaux impairs par exemple). Si la valeur $K = 0$ est permise, alors I varie aussi de 2 en 2. Les formules (2) sont encore valables et se simplifient ($\mathcal{C} = 0$).

3. *Cœur à axe de symétrie.* — Admettons que le cœur ait l'axe 3 comme axe de symétrie ou soit voisin de cette forme. L'hamiltonien d'ordre zéro est alors (*cf.* II)

$$(3)\qquad \mathcal{H}_{sym} = \mathcal{H} + b\,(I_3 - J_3)^2$$

et la perturbation

$$(4)\qquad T'_{rot} = a\,(\vec{I} - \vec{J})^2$$

car $c = 0$ lorsqu'on a un axe de symétrie. On a vu que les fonctions d'ondes de (3) ne sont plus alors dégénérées que par rapport à I. Les énergies de rotation sont

$$(2')\qquad \langle \tau \mathcal{E} IMK \,|\, T'_{rot} \,|\, \tau \mathcal{E} IMK \rangle = \mathcal{A}_{sym} I(I+1) + \mathcal{D}_{sym} - (-)^{I+\frac{1}{2}} \delta_{K,\frac{1}{2}} \mu_{sym} \left(I + \frac{1}{2}\right)$$

où seul I peut varier, de 2 en 2 si $K = 0$, de 1 en 1 dans les autres cas.

On notera que, pour les cœurs à axe de symétrie, le degré de liberté K est beaucoup plus difficile à exciter que le degré de liberté I, car il correspond à des modifications de la structure du cœur.

4. En conclusion, on voit que la méthode décrite dans (I) permet de retrouver tous les résultats relatifs aux niveaux de rotation, sans préciser l'état des nucléons couplés au cœur, ce qui lève une difficulté du raisonnement de A. Bohr [2]. La seule hypothèse nécessaire est celle d'un couplage fort cœur-nucléons. Enfin, on peut traiter indifféremment le cas de cœur à axe de symétrie ou non. Du point de vue expérimental, on ne retrouve en pratique que les séries de rotation du type symétrique. C'est cela qui, à notre avis, constitue la meilleure preuve en faveur d'un axe de symétrie dans le cas de noyaux très déformés.

---

[2] A. Bohr, *Det. Kgl. Danske Vid. Selsk*, 26, 1952, n° 14.

THERMODYNAMIQUE. — *Les points de transition des cristaux de bichromate d'ammonium.* Note (*) de M. **Jean Jaffray**, présentée par M. Gustave Ribaud.

Mise en évidence de trois points de transition vers 128, 155 et 268°K. Ils se manifestent par des anomalies de chaleur spécifique, probablement sans chaleur latente. Le volume spécifique du cristal semble continu pour les trois transitions; celle de 128°K est caractérisée par des discontinuités de longueur, d'amplitude et de signe variables avec l'orientation, et se compensant au total en laissant le volume inchangé.

1. L'analyse thermique différentielle indique pour les cristaux de bichromate d'ammonium : $Cr_2O_7(NH_4)_2$ l'existence d'anomalies thermiques à 128 ± 5, 155 ± 5, $268 \pm 3°$ K, cette dernière transition ayant d'ailleurs déjà été signalée (1). Ces anomalies semblent avoir le même caractère dans les trois cas et leur aspect est peu favorable à l'existence de chaleurs latentes notables.

2. La mesure de la chaleur spécifique des cristaux depuis 115° K jusqu'à la température ordinaire confirme ces résultats; elle montre l'existence de trois maximums relatifs aigus suivis d'une chute rapide à des températures qui concordent avec celles données par l'analyse thermique. Les résultats numériques complets seront publiés ailleurs.

3. La dilatométrie des cristaux de bichromate d'ammonium a été très instructive et a montré que la première transition (128° K) est très différente des deux autres. Pour suivre l'évolution avec la température du volume spécifique des cristaux en question à l'aide d'un dilatomètre du type Chevenard qui enregistre des variations de longueur, il faut opérer sur un bâtonnet isotrope par compensation, obtenu soit en agglomérant par compression la substance pulvérulente, soit en collant bout à bout un grand nombre de petits cristaux orientés dans toutes les directions. Dans ces conditions, on constate que le volume est continu pour les trois transitions, ce qui exclut l'existence d'une chaleur latente et classe les transitions parmi celles du deuxième ordre.

Mais l'étude des dilatations linéaires de lames monocristallines taillées dans des directions différentes est indispensable pour avoir des renseignements sur le mécanisme des transitions. A ce point de vue, la transition de 128° K est remarquable. Pour tous les barreaux monocristallins différemment orientés, on observe une discontinuité de longueur quand on franchit la température de transition mais l'amplitude et le signe de cette discontinuité dépendent de la direction; au total, par une sorte de compen-

---

(*) Séance du 17 octobre 1955.

(1) Klug et Johnson, *J. Amer. Chem. Soc.*, 55, 1931, p. 2609; J. Jaffray, *Comptes rendus*, 219, 1944, p. 180.

sation, le volume spécifique n'offre pas de discontinuité sensible. Il s'agit donc ici d'une transition discontinue masquée qui, conformément à la formule de Clapeyron, doit se faire sans chaleur latente.

Le même caractère ne se retrouve pas pour les transitions de 155 et 268° K; les barreaux monocristallins différemment orientés ont une longueur continue quand on franchit ces deux températures et montrent simplement une anomalie de dilatation linéaire entraînant une simple anomalie du coefficient de dilatation cubique et la transition classique du deuxième ordre.

THERMODIFFUSION. — *Mesure de l'Effet Soret dans les solutions de chlorure de potassium.* Note (*) de M. **Jacques Chanu** et Mlle **Jacqueline Lenoble**, présentée par M. Eugène Darmois.

A l'aide d'un montage optique interférentiel, la mesure du coefficient Soret a pu être réalisée dans les solutions de ClK pour lesquelles la sensibilité de la méthode s'est révélée suffisante. Les résultats obtenus semblent confirmer le petit nombre de mesures antérieurement connues.

Dans l'étude des phénomènes de thermodiffusion dans les solutions de chlorure de potassium, nous avons utilisé un montage optique basé sur le principe des franges d'Young pour suivre les modifications de titre au sein d'une cellule à gradient thermique vertical (Effet Soret pur) (1) et (2).

Dans une Note précédente (1) nous avons indiqué comment les effets thermodiffusionnels se traduisent par le défilement d'un nombre γ de franges : $k = l(\delta n/\lambda)$ [l, longueur de la cellule; δn, différence d'indice entre les deux faisceaux interférents; λ, longueur d'onde utilisée), une fois l'équilibre thermique réalisé, jusqu'à l'obtention de l'équilibre Soret.

Le coefficient Soret s'exprime par $s_T = (1/m_1)(|\delta m_1|^\infty/\delta T)$ quand on définit les titres des solutions en molalités m, la variation totale $|\delta m_1|^\infty$ se calculant à partir du nombre total k^∞ de franges défilées par la relation

$$|\delta m_1|^\infty = k^\infty \frac{\lambda}{l}\left(\frac{\partial n}{\partial m}\right)^{\overline{T}}_{m_1 t=0},$$

$\overline{T}$ étant la température moyenne, t le temps, n l'indice.

Nous avons obtenu les valeurs suivantes pour les solutions de ClK ($m > 1$), molalité à partir de laquelle l'effet est mesurable (tableau I).

(*) Séance du 17 octobre 1955.

(1) J. Chanu et J. Lenoble, *Comptes rendus*, 260, 1955, p. 949.

(2) J. Chanu et J. Lenoble, *J. Chim. Phys.* (à paraître).

TABLEAU I.

Normalité (molarité à 20°C).	m_1.	k à 400 mn.	k^∞ extrapolé t_∞.	$\delta n^\infty \times 10^5$.	$\left(\frac{\partial n}{\partial m}\right)^{\mathrm{T}}_{m_1 t=0}$.	δm_1^∞.	$\delta\mathrm{T} = \frac{1}{m_1}\frac{\lvert\delta m_1\rvert^\infty}{\delta \mathrm{T}}$ (degré⁻¹) $\times 10^3$.
1.......	1,031	2,10	2,14	1,163	0,00877	1,326	0,29
1,5.....	1,571	6,10	6,21	3,374	0,0083	4,065	0,58
1,75....	1,848	8,05	8,20	4,355	0,00804	5,541	0,67
2.......	2,129	10,10	10,29	5,590	0,0078	7,167	0,75
2,25....	2,418	13,15	13,39	7,275	0,00752	9,674	0,89
2,5.....	2,707	16,05	16,34	8,878	0,00727	12,212	1,01
3.......	3,305	20,50	20,87	11,339	0,00675	16,79	1,13
3,5.....	3,927	25,25	25,71	13,968	0,00617	22,638	1,29

Les résultats semblent en assez bon accord avec ceux de Tanner ([3]) qui utilisa également une méthode optique pour mesurer l'effet Soret pur dans ces solutions (*fig.* 1).

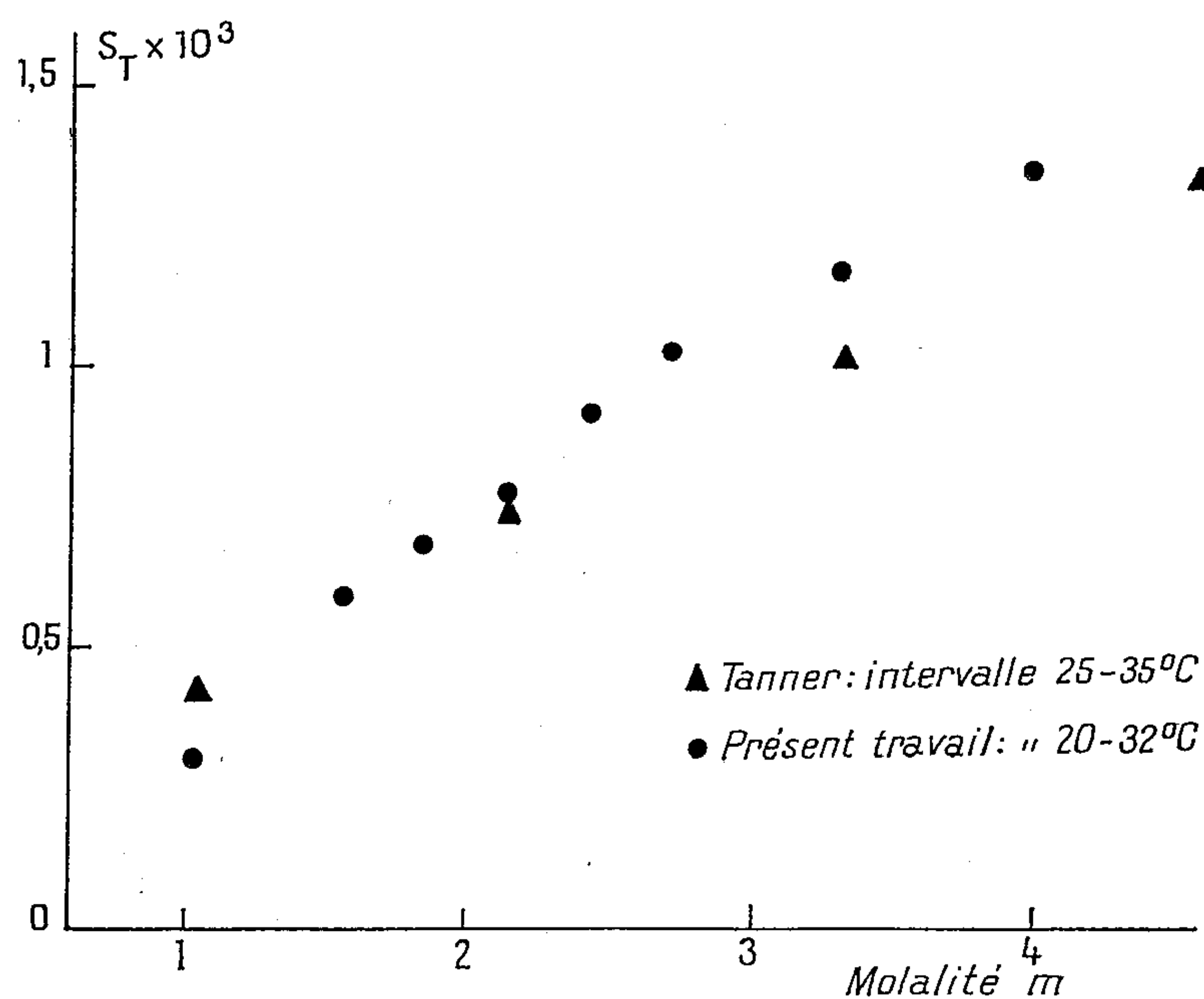


Fig. 1.

La théorie phénoménologique ([4]) établie pour les solutions de concentrations relativement faibles fournit une loi exponentielle de l'établissement de l'équilibre dans le temps. En dépit des molalités élevées ici étudiées, la loi théorique

$$\mathrm{Log}\frac{|\delta m_1|^\infty - |\delta m_1|}{|\delta m_1|^\infty} = -\frac{t}{\Theta},$$

([3]) C. C. TANNER, *Trans. Faraday Soc.*, 49, 1953, p. 611.

([4]) S. R. DE GROOT, *L'effet Soret* (*Thèse*), Amsterdam, 1945.

où $\Theta = h^2/\pi^2 D$ (h, hauteur de la cuve; D, coefficient de diffusion ordinaire) semble se vérifier assez raisonnablement (*fig.* 2).

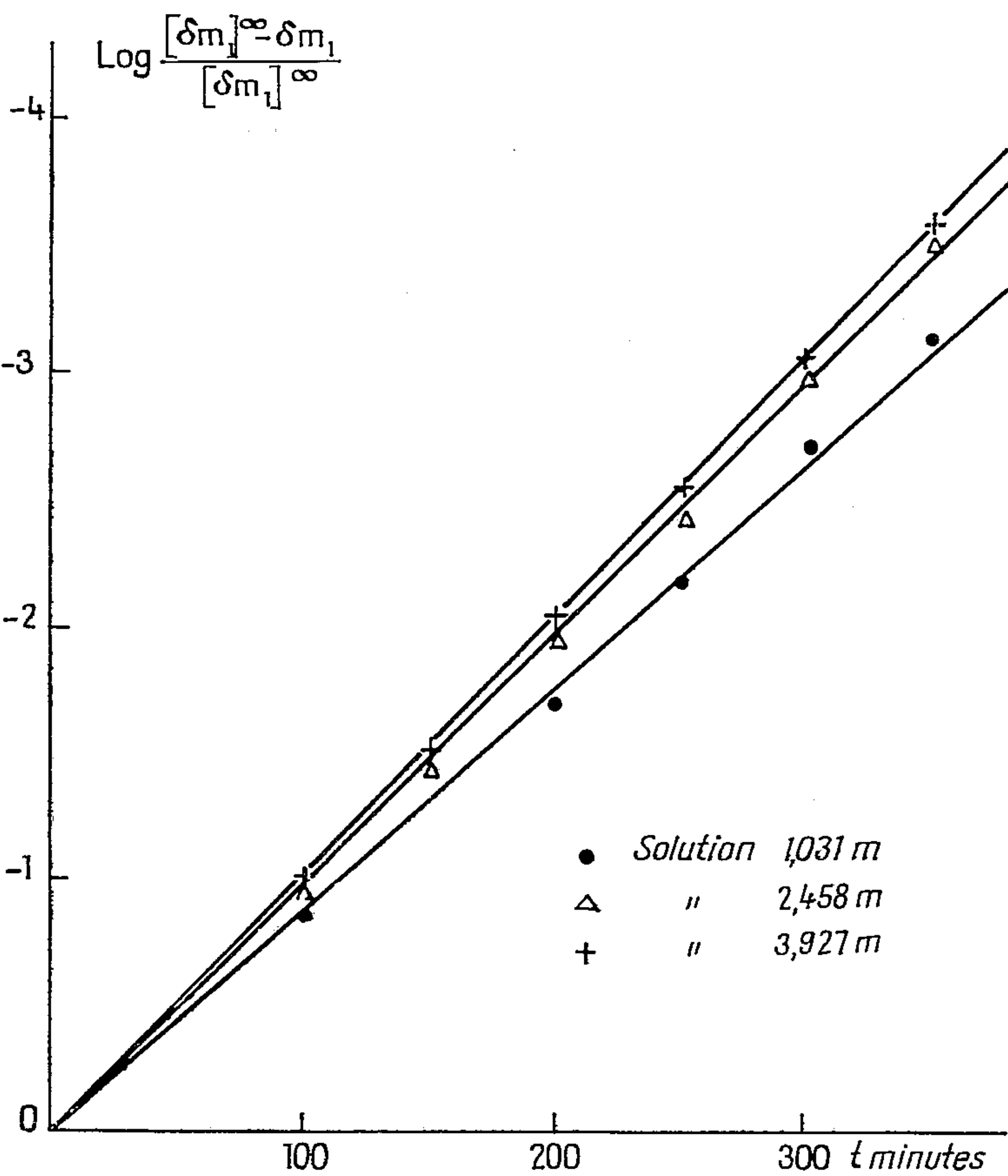


Fig. 2.

Nous pouvons en déduire le coefficient de diffusion D; il est comparable à celui obtenu par Stockes [5].

TABLEAU II.

m_1.	Θ (sec).	D (cm².s⁻¹) × 10⁵.	m_1.	Θ (sec).	D (cm².s⁻¹) × 10⁵.
1,031.......	6 720	1,76 ± 0,09	2,458.......	6 000	1,97 ± 0,09
1,571.......	6 420	1,84 »	2,707.......	6 000	1,97 »
1,848.......	6 180	1,91 »	3,305.......	6 060	1,95 »
2,129.......	6 240	1,89 »	3,927.......	5 760	2,05 »

(5) R. H. Stockes, *Thèse*, Cambridge, 1949.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur l'étude de l'anisotropie électrique du gallium au voisinage du point de fusion.* Note de MM. **Israel Epelboin** et **Marc Erny**, présentée par M. Eugène Darmois.

Au voisinage du point de fusion, la variation de la résistivité électrique des monocristaux de gallium en fonction de la température n'est pas la même lorsqu'ils sont orientés différemment. Elle correspond à une diminution de l'anisotropie électrique.

A. Guntz et W. Broniewski (1) ont signalé dès 1908 que le gallium solide présentait un maximum de la résistivité électrique vers 20°C. Ils ont indiqué que leur échantillon possédait une résistivité $\rho = 53{,}4\,\mu\Omega$ cm à 0°, que son point de fusion était à 29°C et ils ont déterminé le maximum avec trois points expérimentaux obtenus aux températures 17°,4, 18°,6 et 26°,1. Les deux auteurs ont attribué ce maximum à une trace d'impureté introduite accidentellement dans le tube en verre et par la suite cette anomalie ne semble pas avoir été confirmée. P. W. Bridgman (2) l'a attribuée à la contrainte exercée par le verre sur le métal.

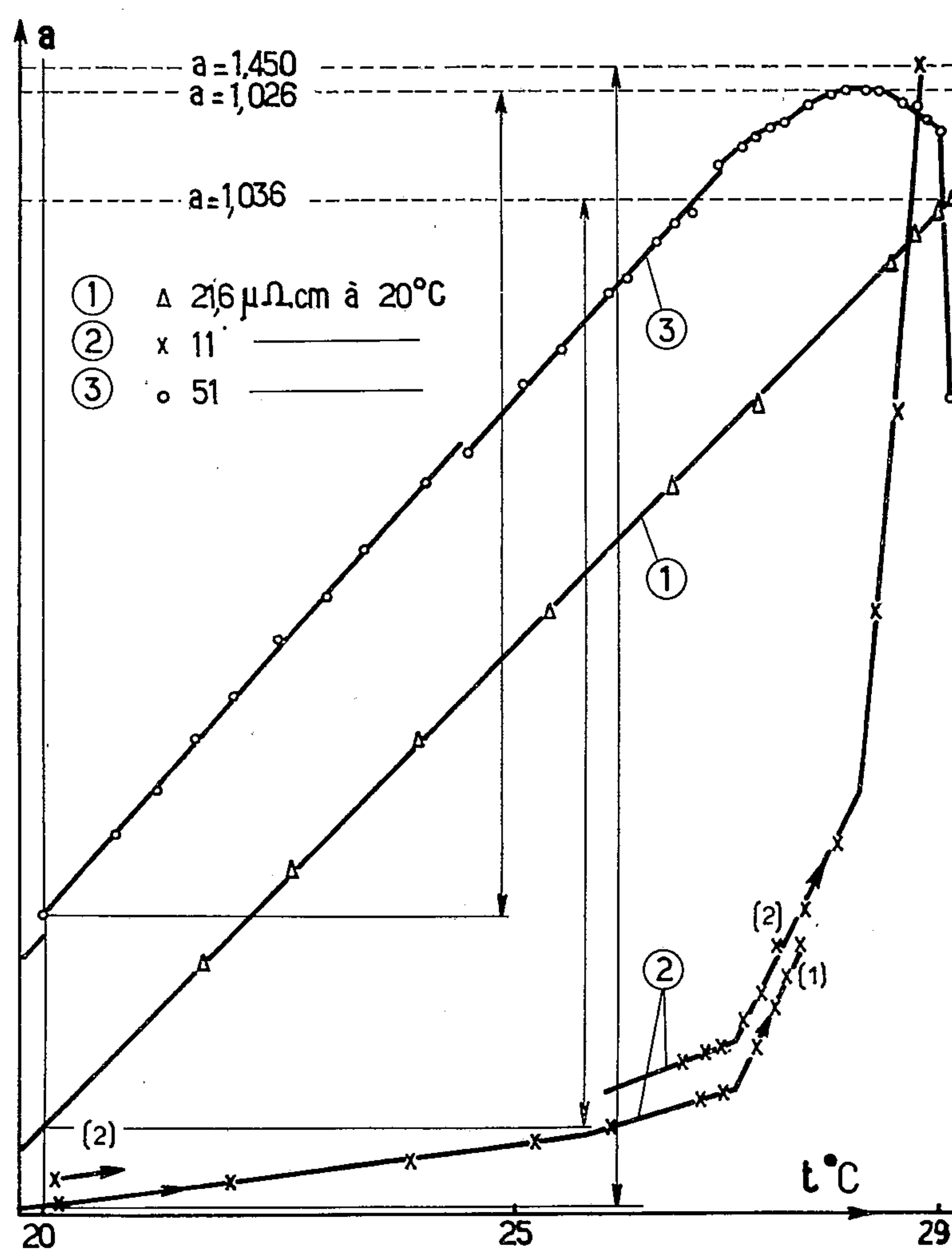
Par suite de la basse température de fusion du gallium (29°,75) et de son aptitude à rester en surfusion, il est facile d'obtenir des monocristaux. Ceux-ci appartiennent au système orthorhombique et R. W. Powell (3) a pu déceler une forte anisotropie électrique, les résistivités mesurées suivant les trois axes *a*, *b*, *c* valant respectivement 17,27-7,85 et 55,53 $\mu\Omega$ cm. Le gallium présente également une forte anisotropie magnétique et d'après A. Marchand (4), la susceptibilité magnétique mesurée suivant les trois axes *a*, *b*, *c* est à 290° K :

$$\chi_a = -150.10^{-9} \qquad \chi_b = -506.10^{-9}, \qquad \chi_c = -278.10^{-9}.$$

Afin d'étudier avec précision ces fortes anisotropies au voisinage de la fusion, nous avons effectué des mesures à des températures très voisines, la différence étant parfois de l'ordre de 1/100e de degré. En opérant sur des monocristaux de forte résistivité, nous avons retrouvé également un maximum de ρ, mais à une température inférieure d'au plus 1° à celle du point de fusion. Ce maximum est d'autant plus aigu que la résistivité est plus forte. Lorsque la température dépasse celle du maximum, la résistivité évolue avec le temps et prend une valeur légèrement plus faible si on maintient l'échantillon à température constante ; le maximum semble également influencé par le taux d'impuretés du métal. Les monocristaux de faible résistivité (orientés suivant l'axe *b*) montrent un accroissement considérable de la résistance au-dessus d'une température

(1) *Comptes rendus*, **147**, 1908, p. 1476.
(2) *Proc. Amer. Acad. Arts. Sc.*, **56**, 1921, p. 104.
(3) *Proc. Roy. Soc.*, **209**, 1951, p. 525.
(4) *Comptes rendus*, **241**, 1955, p. 468.

légèrement inférieure au point de fusion et si la température reste alors constante, la résistivité croît en fonction du temps. Enfin, des cristaux de résistivité moyenne présentent une variation rigoureusement linéaire en fonction de la température et leur résistivité est stable dans le temps.



Quand il s'agit de monocristaux de résistivité très élevée ou très faible (c'est-à-dire orientés suivant les axes *c* ou *b*), les caractéristiques de la résistance en fonction de la température présentent des variations de pente analogues à celle déjà signalée par M. Olsen-Bär et R. W. Powell ([5]) à 12° K. Cependant, à cette très basse température, il n'y a pas modification de l'anisotropie électrique car les changements de pentes obtenus avec les trois types de cristaux sont semblables; au contraire, au voisinage de la fusion, l'anisotropie se

([5]) *Proc. Roy. Soc.*, 209, 1951, p. 542.

modifie puisque les points singuliers n'apparaissent que si les échantillons sont orientés suivant les axes *c* ou *b*.

Nous donnons sur la figure trois exemples types de variation de la résistivité en fonction de la température; la résistivité est exprimée sous forme de rapport $a = \rho/\rho_0$, ρ_0 représentant la résistivité mesurée à 20° C et ρ la résistivité mesurée à température croissante. La droite 1 correspond à une direction de résistivité moyenne ($\rho_0 = 21{,}6$ μΩcm); les points expérimentaux sont très bien alignés et il n'y a aucune anomalie dans le domaine de température étudié. Il s'agit d'un gallium dont l'examen spectrographique a décelé de légères traces de Tl et des traces infimes de Pb, Sn et Cu. On obtient une droite similaire avec un gallium plus pur contenant des traces infimes de plomb. La fusion commence à 29°,76 ± 0,01 et celle du métal le moins pur n'est complète que 0°,03 au-dessus. La droite présente une cassure au début et à la fin de la fusion et l'accroissement $\Delta\rho/\Delta t$ est égal à 43,8 μΩ cm par degré tandis qu'à l'état solide et liquide on trouve respectivement 81.10^{-3} et 27.10^{-3} μΩ cm par degré. La courbe 2 est relative à une direction de faible résistivité ($\rho_0 = 11$ μΩ cm). Les points expérimentaux ont été obtenus en faisant croître la température de 20,2 à 28,05° C, puis une mesure a été effectuée à 20°,15 après refroidissement du métal et ensuite une série entre 26,80 et 29°,30. Comme la résistivité croît avec le temps aux températures supérieures à 26°, elle était un peu plus forte pendant la deuxième série de mesures; cependant l'allure des tronçons (1) et (2) de la courbe 2 est rigoureusement la même. On observe trois points anguleux correspondant respectivement aux températures 25°,6, 27°,4 et 28°,7. Le gallium utilisé était cette fois très pur (traces infimes de plomb), mais on obtient une courbe analogue avec un métal qui l'est moins. La courbe 3 correspond à un cristal de résistivité élevée ($\rho_0 = 51{,}6$ μΩ cm). Elle présente un maximum à 28°,7 et des irrégularités dont plusieurs discontinuités. L'examen spectrographique a révélé dans cet échantillon des traces de Pb et Cu ainsi que des traces très faibles de Sn. Les courbes 1 et 2 ont été obtenues avec un tube en verre, la courbe 3 avec un tube très élastique en polychlorure de vinyle. Les anomalies gardent la même allure si on enlève la matière plastique et on refait les mesures, le monocristal ($\Phi = 2{,}5$ mm, longueur 60 mm) étant mis en contact en position horizontale avec l'eau du thermostat. Les études aux rayons X effectuées à 20° C par M. A. Rimsky au laboratoire de M. J. Wyart montrent que la résistivité est mesurée suivant une direction qui fait avec l'axe *c* un angle de 3°.

L'ensemble de ces mesures prouve une altération notable de l'anisotropie électrique du gallium au voisinage de la fusion et l'explication pourrait en être une transformation de la structure cristalline ou des dislocations par suite d'une variation de l'anisotropie des tensions. D'ailleurs, l'examen au microscope métallographique d'échantillons polis électrolytiquement semble montrer une variation de la sous-structure à une température légèrement inférieure

au point de fusion. Nous nous proposons de compléter cette étude par des mesures des propriétés magnétiques, mécaniques et cristallines afin de connaître leur évolution dans ce domaine de température.

SEMI-CONDUCTEURS. — *Conductivité thermique des semi-conducteurs.* Note de M. **Jean Marie Thuillier**, présentée par M. Louis de Broglie.

Un calcul exact montre que le rapport de la contribution électrique dans la conductivité thermique à la conductivité électrique dans les semi-conducteurs peut être beaucoup plus grand que ne l'indique la théorie de Lorentz pour un gaz d'électrons libres.

La conductivité thermique des semi-conducteurs s'interprète comme superposition d'une contribution des atomes du réseau cristallin et d'une contribution des porteurs électriques.

La contribution des porteurs a été calculée par Lorentz pour un gaz d'électrons libres suivant une statistique de Maxwell-Boltzmann. Cette théorie conduit à une valeur du quotient de Wiedemann-Franz

$$\frac{\lambda}{\sigma} = 2\left(\frac{k}{q}\right)^2 \mathrm{T}.$$

Il a été établi expérimentalement [1] que dans certains semi-conducteurs ce rapport peut être beaucoup plus grand.

C. Kittel et H. Fröhlich ont suggéré que ce phénomène pouvait être dû au transport par les paires électron-trou de leur énergie d'ionisation.

En fait dans un semi-conducteur en présence d'un gradient de température un champ électrique annule le courant électrique total. Il se crée donc deux courants électriques opposés d'électrons et de trous qui transportent dans le même sens leur énergie d'ionisation et aussi leur énergie cinétique qui comme nous le verrons n'est pas négligeable.

Nous avons calculé, par la méthode de l'équation de Boltzmann les conductivités thermiques résultant de ces deux transports.

En exprimant le rapport de la contribution de l'énergie cinétique à la conductivité électrique :

$$\frac{\lambda'}{\sigma} = 2\left(\frac{\mathrm{K}}{q}\right)^2 \mathrm{T}\left[1 + \left(4 + \frac{\varepsilon_G}{\mathrm{KT}} - \frac{\partial \varepsilon_F}{\partial \mathrm{KT}}\right) \frac{\alpha^2 e^{\frac{2\varepsilon_F}{\mathrm{KT}}} + e^{-\frac{2\varepsilon_F}{\mathrm{KT}}}}{\left(\alpha e^{\frac{\varepsilon_F}{\mathrm{KT}}} + e^{-\frac{\varepsilon_F}{\mathrm{KT}}}\right)^2} + 2\mathrm{T}\frac{\partial}{\partial \mathrm{T}}\left(\frac{\varepsilon_F}{\mathrm{KT}}\right) \frac{\alpha e^{\frac{\varepsilon_F}{\mathrm{KT}}} - e^{-\frac{\varepsilon_F}{\mathrm{KT}}}}{\alpha e^{\frac{\varepsilon_F}{\mathrm{KT}}} + e^{-\frac{\varepsilon_F}{\mathrm{KT}}}}\right]$$

(1) Busch and Schneider, *Physica*, novembre 1954, p. 1004.

où ε_G est l'énergie d'ionisation, ε_F le niveau de Fermi repéré par rapport au milieu de la bande interdite et $\alpha = \mu_n m_n^{3/2}/\mu_p m_p^{3/2}$ μ_n et μ_p étant les mobilités des électrons et des trous, m_n et m_p leurs masses effectives. Le second terme du crochet est constant pour $|\varepsilon_F| \gg \mathrm{KT}$. Il a un minimum pour $\varepsilon_F = (-\mathrm{KT}/2)\log\alpha$ et est réduit à sa valeur moitié. Le dernier terme est nul dans l'hypothèse d'un spécimen pur à température élevée où $\varepsilon_F = (-3\mathrm{KT}/4)\log(m_n/m_p)$.

Le transport de l'énergie d'ionisation donne :

$$\frac{\lambda''}{\sigma} = \mathrm{T}\left(\frac{\mathrm{K}}{q}\right)^2 \frac{\varepsilon_G}{\mathrm{KT}}\left(4 + \frac{\varepsilon_G}{\mathrm{KT}} - \frac{\partial\varepsilon_G}{\partial \mathrm{KT}}\right)\frac{\alpha}{\left(\alpha e^{\frac{\varepsilon_F}{\mathrm{KT}}} + e^{-\frac{\varepsilon_F}{\mathrm{KT}}}\right)^2}.$$

Le dernier facteur très petit pour $|\varepsilon_F| \gg \mathrm{KT}$ a un maximum égal à 0,25 pour $\varepsilon_F = (-\mathrm{KT}/2)\log\alpha$.

Dans le cas de l'antimoniure d'indium $\alpha \simeq 1,4$; ε_G varie à peu près linéairement avec la température et vaut 0,24 eV à 0° K et 0,18 eV à 300° K, $\varepsilon_F = -(3/4)\,\mathrm{KT}\log m_n/m_p \simeq 2\,\mathrm{KT}$.

Le transport de l'énergie cinétique donne à 300° K :

$$\frac{\lambda'}{\sigma} = \mathrm{T}\left(\frac{\mathrm{K}}{q}\right)^2 30.$$

Le transport de l'énergie d'ionisation peut être négligé.
Il n'est important que dans le cas où

$$\varepsilon_F = -\frac{3}{4}\mathrm{KT}\log\frac{m_n}{m_p} \simeq -\frac{\mathrm{KT}}{2}\log\alpha \qquad \text{soit} \quad \mu_n \simeq \mu_p.$$

La valeur de λ/σ peut donc être beaucoup plus grande que dans le cas d'un gaz d'électrons libres.

Une prochaine publication décrira les effets thermomagnétoélectriques anormaux dans les semi-conducteurs.

PHYSIQUE CORPUSCULAIRE. — *Intensité et distribution angulaire de la composante pénétrante du rayonnement cosmique sous le sol.* Note (*) de M. **Louis Avan** et Mme **Madeleine Avan**, présentée par M. Louis Leprince-Ringuet.

L'interprétation des équations de diffusion (1) montre que la variation avec la profondeur h sous le sol, de l'intensité I et de la distribution angulaire de la composante pénétrante (mésons μ relativistes) est liée au type de filiation des mésons μ dans l'atmosphère : désintégration $\pi - \mu$, désintégration $\mathrm{K} - \mu$.

Nous avons effectué une série de mesures à l'aide d'émulsions exposées verticalement ou horizontalement à trois profondeurs différentes : soit en

(*) Séance du 17 octobre 1955.

(1) B. Rossi et K. Greisen, *Rev. Mod. Phys.*, 13, 1941, p. 240; G. Molière et P. Budini, *Kosmiche Strahlung de W. Heisenberg*, Berlin, 1953, p. 380; P. H. Barrett, L. Bollinger, G. Cocconi, Y. Eisemberg et K. Greisen, (B. B. C. E. G.), *Rev. Mod. Phys.*, 24, 1952, p. 133.

mètres d'eau, pour une densité moyenne de la roche $d \sim 2{,}90$:

$$h_1 = -300 \text{ m}, \quad h_2 = -580 \text{ m}, \quad h_3 = -1280 \text{ m} \quad (^2).$$

Les émulsions Ilford G_5 reçues sous forme de gel sont coulées au niveau h_3 et développées sous terre après 4 mois d'exposition. Le faible degré d'humidité relative maintenu pendant les opérations (45 %) favorise la conservation des images latentes. Les variations d'ionisation sur les trajectoires de particules extrêmement relativistes ne dépassent pas les fluctuations normales.

L'intensité verticale I_v (en nombre de particules par centimètre carré, par seconde, par stéradian) et l'exposant n de la loi de distribution de l'angle zénithal (en $I_v \cos^n\theta$) ont été déterminés pour les trois niveaux indiqués, par la méthode du maximum de vraisemblance, compte tenu de la géométrie du détecteur et des faibles perturbations dues : à la diffusion coulombienne multiple dans l'atmosphère et dans le roc, à la distorsion de la gélatine photographique, aux erreurs de mesure, et à la présence d'une fraction de la composante molle (~ 5 %) non résoluble par rapport à la composante pénétrante. Le tableau résume l'ensemble de nos résultats :

$$m = \left|\frac{\partial \operatorname{Log} I}{\partial \operatorname{Log} h}\right|, \qquad n = \frac{\partial \operatorname{Log} I}{\partial \operatorname{Log} \cos\theta},$$

Δ_{exp} représente la différence des valeurs $m - n$ expérimentales. Les valeurs numériques de $\Delta_{\pi-\mu}$ correspondent à une filiation exclusive de mésons μ par les mésons π.

Profondeurs en mètres d'eau.	I_v Nombre de mésons par cm² par seconde et par stéradian.	n.	$\Delta_{exp} = m - n$.	$\Delta_{\pi-\mu}$ (filiation exclusive $\pi - \mu$) avec correction $\mu - e$.	$\Delta_{K-\mu_2}$ (filiation exclusive $K - \mu_2$). avec correction $\mu - e$.	Hypothèse de Fermi : 50 % $\pi - \mu$, 50 % $K - \mu$. avec correction $\mu - e$.	Δ 80 % $\pi - \mu$, 20 % $K - \mu$. avec correction $\mu - e$.
$h_1 = -300$ (May-sur-Orne).....	$(3{,}80 \pm 0{,}17) \cdot 10^{-5}$	$1{,}73 \pm 0{,}10$	$0{,}77 \pm 0{,}20$	0,60	0,18	0,42	0,53
$h_2 = -580$ (May-sur-Orne).....	$(0{,}73 \pm 0{,}04) \cdot 10^{-5}$	$2{,}09 \pm 0{,}12$	$0{,}69 \pm 0{,}23$	0,77	0,33	0,57	0,70
$h_3 = -1280$ (May-sur-Orne).....	$(0{,}80 \pm 0{,}06) \cdot 10^{-6}$	$2{,}63 \pm 0{,}22$	$0{,}86 \pm 0{,}40$	0,90	0,55	0,73	0,84
$h_4 = -1574$ (B.B.C.E.G. Ithaca).	$(3{,}25 \pm 0{,}5) \cdot 10^{-7}$	$3{,}06 \pm 0{,}10$	$\sim 0{,}7 \pm 0{,}3$	0,92	0,57	0,75	0,85

Les $\Delta_{\pi-\mu}$ ont été déterminés par Barrett, Bollinger, Cocconi, Eisemberg et Greisen (B. B. C. E. G.) (¹). Par la même méthode nous avons calculé les $\Delta_{K-\mu_2}$ — pour une filiation exclusive des mésons μ par les mésons $K - \mu_2$ — sur

(²) *Mines de Fer de May-sur-Orne*, Siège de Saint-André, S. M. P. C.

la base des données expérimentales les plus récentes ([3]) : désintégration en deux corps; vie moyenne : $t_{K-\mu_2} \sim 0,9.10^{-8}$ s. Les Δ relatifs aux divers pourcentages se déduisent de la composition des lois de distribution pour les deux types fondamentaux $\pi - \mu$ et $K - \mu$. Les expressions théoriques supposent que les libres parcours moyens de mésons π, des mésons K et des protons sont du même ordre de grandeur. Elles ne dépendent que faiblement de l'exposant du spectre différentiel de production des mésons π ou K. Au niveau h_1 le point expérimental exclut une participation importante des mésons K à la génération des mésons μ d'énergie moyenne voisine de 150 BeV, et confirme les résultats obtenus aux accélérateurs pour des énergies plus faibles.

Aux plus grandes profondeurs (h_2, h_3 et $h_4 = -1574$ m de B. B. C. E. G) nos résultats sont compatibles avec la seule filiation $\pi - \mu$ mais sans exclure une proportion non négligeable de filiation $K - \mu$, vu la faible précision statistique.

Une statistique plus abondante en h_2 et h_3, et à des profondeurs voisines de h_3 nous permettra de préciser ultérieurement la contribution des mésons K aux plus grandes énergies.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Étude des complexes cuivriques des α- β- et phénylalanine au moyen de la fonction de formation.* Note (*) de M. **Jean Curchod**, présentée par M. Georges Chaudron.

La méthode de la fonction de formation, modifiée pour la rendre applicable à l'étude des complexes des acides aminés nous a permis d'étudier ceux des α-, β- et phénylalanine et de déterminer les constantes de dissociation des différents complexes mis en évidence.

Dans une précédente Note ([1]) nous avons montré comment on peut modifier la méthode de la fonction de formation pour la rendre applicable à l'étude des complexes cuivriques des aminoacides.

Nous allons voir les résultats obtenus en nous servant de cette méthode dans le cas des trois alanines.

On titre par la potasse des mélanges sel de cuivre-acide aminé. Les courbes étant analogues pour les trois alanines nous ne donnons que celle correspondant à l'α-alanine (*fig.* 1).

I. *Hypothèse de la seule existence des complexes formés à partir de l'ion négatif de l'aminoacide. Calcul des constantes de dissociation de ces complexes.*

([3]) R. Armenteros, B. Gregory, A. Hendel, A. Lagarrigue, L. Leprince-Ringuet, F. Muller et C. Peyrou, *Il Nuovo Cimento*, 5, 1955, p. 915; H. S. Bridge, H. Destaebler, B. Rossi et B. V. Sreekantan, *Il Nuovo Cimento*, 5, 1955, p. 874.

(*) Séance du 17 octobre 1955.

([1]) *Comptes rendus*, 241, 1955, p. 303.

— On calcule, comme cela a déjà été indiqué la fonction de formation $\bar{n}$ et la concentration en ion négatif libre (R^-). La courbe (dite de formation) $\bar{n} = f[-\log(R^-)]$ (la figure 2 correspond à la courbe obtenue pour l'α-alanine) permet de conclure à la non-existence de complexes d'ordre supérieur à 2 mais ne permet pas d'affirmer que le complexe d'ordre 1 (CuR^+) se forme.

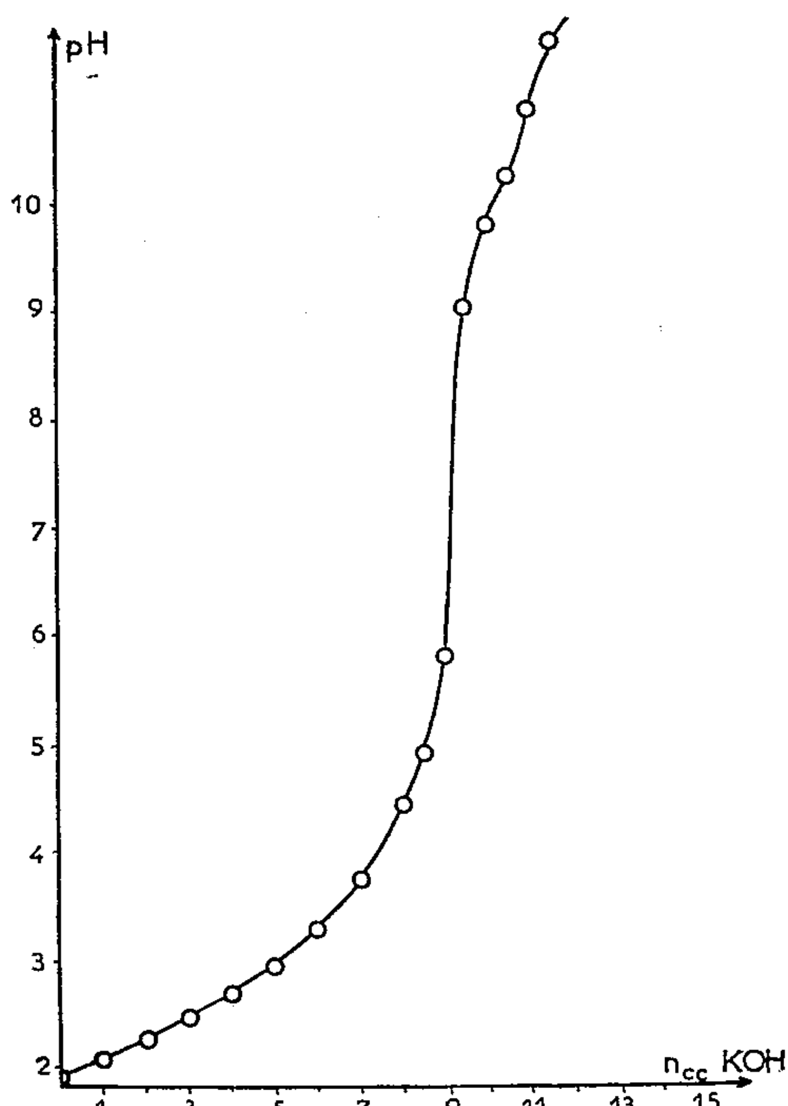


Fig. 1.

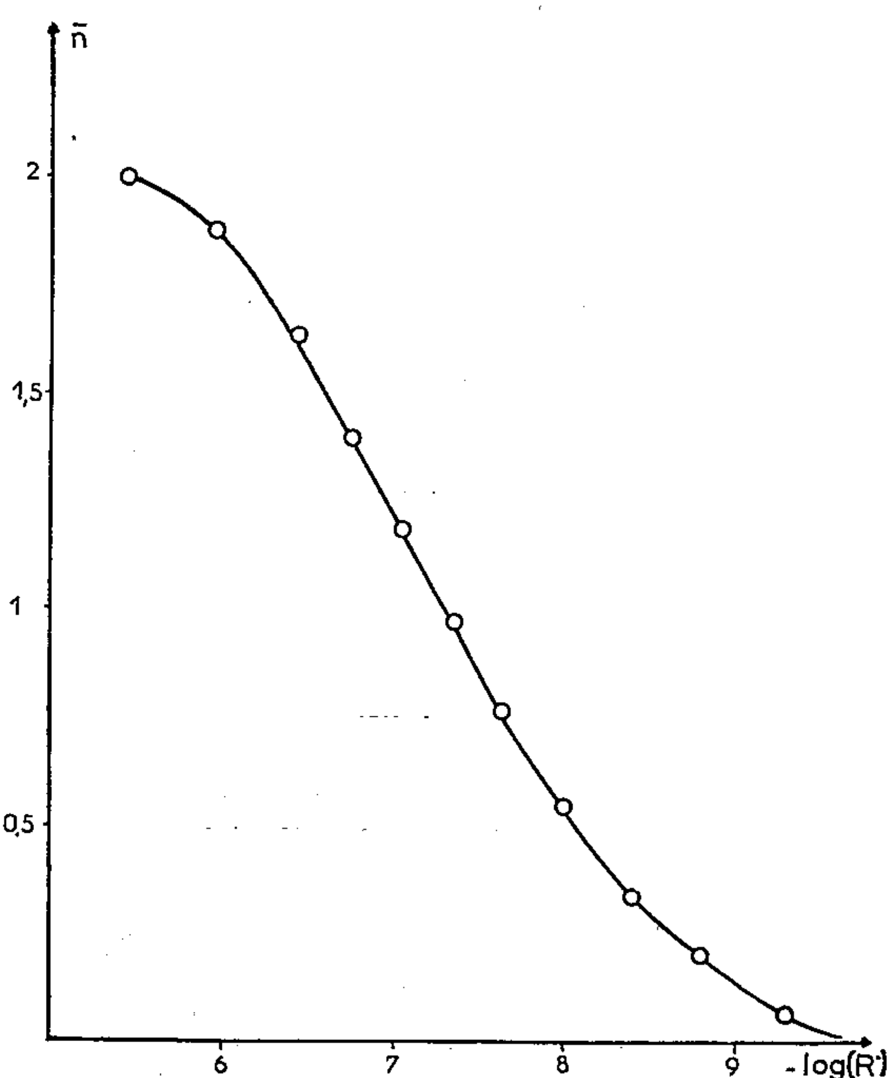


Fig. 2.

Cependant comme nous avons montré (²) 'existence pour les trois alanines des deux complexes Cu (alanine) et Cu $(alanine)_2$, nous avons calculé par les trois méthodes indiquées par Bjerrum (³) et dans chaque cas les constantes apparentes de dissociation K'_1 et K'_2 de ces deux complexes.

Les résultats sont donnés dans les colonnes 4, 6 et 8 du tableau ci-après.

2. *Hypothèse des cinq complexes théoriquement possibles.* — Nous avons vu (¹) quels étaient ces cinq complexes et la manière d'opérer pour atteindre leurs constantes de dissociation. La méthode a été appliquée seulement aux α- et β-alanines et les valeurs obtenues sont données dans les colonnes 5 et 7 du tableau ci-après.

L'absence de valeurs dans la colonne des pK_3 indique que vraisemblablement le complexe CuR_2^{++} qui pourrait théoriquement exister, n'a pas le

(²) *Comptes rendus*, 241, 1955, p. 398.

(³) *Metal Ammine formation in aqeous solution*, Haase and Son, Copenhague, 1941

temps de se former au cours de titrages relativement rapides, son domaine de stabilité étant probablement assez restreint.

L'examen du tableau ci-dessous nous montre, étant donné les faibles différences entre les valeurs des constantes obtenues en faisant les deux hypothèses, que les complexes autres que ceux formés à partir de l'ion R^- ne se forment certainement pas en quantités très importantes. De ce fait, nous ne commettrons jamais une grande erreur en négligeant les complexes CuR^{++} et CuR_2^+ devant CuR^+ et CuR_2 et les valeurs des constantes pK'_1 et pK'_2 n'en seront guère affectées.

Complexe.	pK.	Expression des constantes.	α-alanine. Hypothèse 1.	α-alanine. Hypothèse 2.	β-alanine. Hypothèse 1.	β-alanine. Hypothèse 2.	Phénylalanine. Hypothèse 1.
CuR^{++}..	pK_1	$\frac{(Cu^{++})(R^{\pm})}{(CuR^{++})}$	–	0,72	–	1,71	–
CuR_2^{++}..	pK_2	$\frac{(Cu^{++})(R^{\pm})^2}{(CuR_2^{++})}$	–	–	–	–	–
CuR^+...	pK'_1	$\frac{(Cu^{++})(R^-)}{(CuR^+)}$	8,03	8,07	6,79	7,34	7,74
CuR_2...	pK'_2	$\frac{(Cu^{++})(R^-)^2}{(CuR_2)}$	14,67	14,79	12,20	12,82	14,64
CuR_2^+...	pK''_2	$\frac{(Cu^{++})(R^-)(R^{\pm})}{(CuR_2^+)}$	–	8,01	–	7,96	–

Néanmoins comme des titrages conductimétriques nous ont montré l'existence probable de plusieurs formes d'un même type de complexe, nous avons admis que l'hypothèse envisageant quatre complexes est vraisemblablement bonne.

Ceci est d'ailleurs confirmé par des résultats obtenus en utilisant la méthode des variations continues basée à la fois sur des mesures spectrophotométriques et des mesures de potentiels, résultats qui nous ont permis de mettre catégoriquement en évidence cinq complexes entre le cuivre et les α- et β-alanines.

CHIMIE PHYSIQUE. — *État vitreux des solutions aqueuses d'acides diluées.* Note (*) de M. **Guy Vuillard**, transmise par M. Louis Hackspill.

Les solutions aqueuses des acides sulfurique, sélénique, phosphorique et chlorhydrique prennent la forme vitreuse au cours d'un refroidissement rapide. L'analyse thermique différentielle met en évidence la transformation du verre et il est possible de définir une température de transformation : T_g. Pour les solutions diluées, T_g reste constante et ne dépend que de l'acide.

Dans une étude des mélanges acide sulfurique-eau [1], j'ai montré qu'un

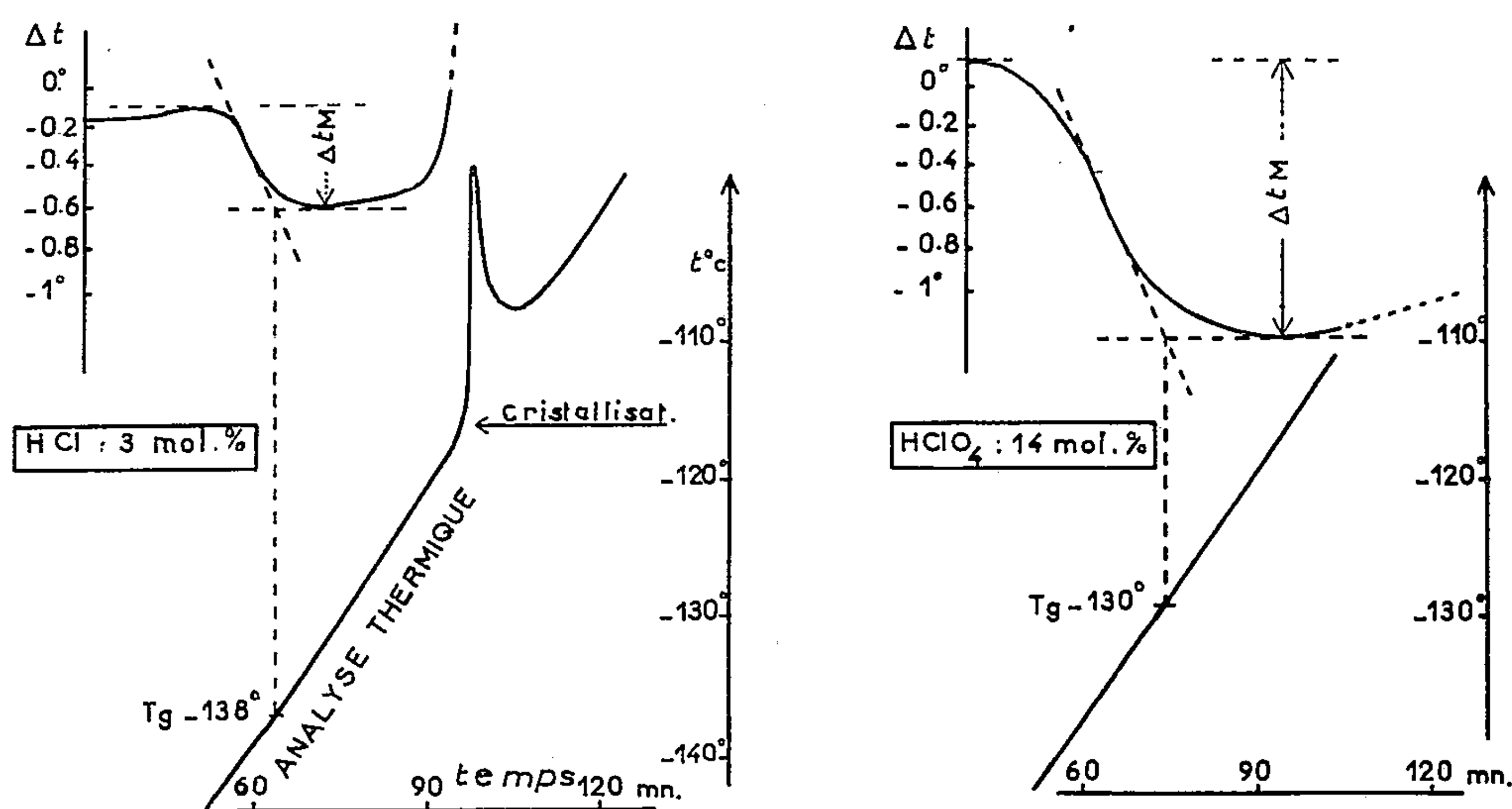
(*) Séance du 17 octobre 1955.

(1) *Bull. Soc. Chim.*, 1954, p. 802.

refroidissement rapide des solutions permet d'obtenir un verre. Toutefois, l'état vitreux est de plus en plus difficile à atteindre quand la composition du mélange se rapproche de celle des espèces chimiques de cristallisation facile (H_2SO_4, $H_2SO_4.H_2O$, $H_2SO_4.4H_2O$ et H_2O pure).

Le passage du verre à l'état liquide est marqué par un changement général des propriétés physiques. La diminution de viscosité s'accompagne d'une augmentation de la chaleur spécifique. Kunzler (²) a montré que la chaleur spécifique moléculaire d'un mélange correspondant à $H_2SO_4.3H_2O$ passe de 30 à 72 cal entre —121 et —111°, intervalle comprenant le domaine de transformation du verre. Sur une courbe d'analyse thermique par échauffement, le phénomène se traduit par un retard comparable à celui causé par une absorption de chaleur.

Pour certaines solutions aqueuses étudiées dans ce travail, le domaine de transformation se réduit à quelques degrés. Cet intervalle étroit et l'utilisation de l'analyse thermique différentielle permettent de définir une température T_g « Température de transformation du verre » (³). J'ai pris pour T_g la fin de l'accident thermique, déterminé par l'intersection de la tangente d'inflexion et de la tangente horizontale consécutive sur la courbe Δt (*fig.*).



Deux cas d'analyse thermique où la construction graphique est nécessaire pour définir T_g.

Le dispositif expérimental comprend deux tubes logés dans un bloc de cuivre; l'un contient la solution étudiée, l'autre une masse égale d'un corps témoin. L'ensemble est refroidi dans l'azote liquide, puis réchauffé à vitesse constante. Le report, toutes les minutes, de la température du mélange et de la différence

(²) KUNZLER et GIAUQUE, *J. Amer. Chem. Soc.*, 74, 1952, p. 797.

(³) R. O. DAVIES et G. O. JONES, *Advances in Physics*, 2, 1953, p. 370 à 410.

de température entre les deux tubes (Δt) permet de tracer simultanément les deux courbes.

Solutions sulfuriques. — L'étude générale ([1]) montre que T_g varie avec la composition du mélange, mais, lorsque la concentration en acide diminue de 10 à 1 mol %, T_g reste constante et égale à — 123°. L'importance de l'accident thermique, déterminée graphiquement ($\Delta t M$) atteint 6° pour la composition de l'eutectique glace-$H_2SO_4 . 6H_2O$ (10 mol %). Elle diminue avec la concentration. La plus petite valeur de $\Delta t M$: 0°,02 est observée à 1 mol %. Le phénomène n'est plus perceptible lorsque l'acide sulfurique est plus dilué.

Solutions séléniques. — En étudiant le système binaire H_2SeO_4 — H_2O, j'ai trouvé que T_g prend une valeur constante pour les concentrations comprises entre 10 mol % et les plus grandes dilutions. L'amoindrissement du phénomène est moins rapide qu'avec H_2SO_4. $\Delta t M$ est encore de 0°,1 pour 0,5 mol %. La température de transformation des verres séléniques dilués est de — 122°.

Solutions chlorhydriques. — La température de transformation des mélanges HCl—H_2O devient constante à partir de 22 mol % et jusqu'aux plus grandes dilutions expérimentées. $\Delta t M$ atteint 0°,1 pour 0,5 mol %. L'obtention de verre devient particulièrement aléatoire entre 8 et 16 mol % à cause de la cristallisation explosive de l'hexahydrate vers — 95°. La valeur constante de T_g pour les mélanges chlorhydriques dilués est : — 138°.

Solutions perchloriques. — Les mélanges $HClO_4$—H_2O prennent facilement la forme vitreuse. Ici, la courbe Δt est plus étalée et $\Delta t M$ relativement plus faible. Il est plus difficile de préciser une température T_g (*fig.*). T_g reste égale à — 130° entre 12 mol % et 1 mol %.

Solutions phosphoriques. — Les mélanges H_3PO_4—H_2O donnent des verres pour toutes les concentrations et T_g garde une valeur constante — 114°, dans l'intervalle exploré de 10 à 0,5 mol %.

Eau pure. — La connaissance de T_g pour l'eau serait d'un grand intérêt. J. A. Pryde et G. O. Jones ([4]), employant des méthodes spécialement adaptées, n'ont pu l'atteindre avec certitude. Ces auteurs ont admis que T_g, pour l'eau pure, doit être compris entre — 147 et — 125°.

L'ensemble de mes expériences montre que les solutions aqueuses de certains acides se prêtent bien à l'étude de la transformation vitreuse. Ce phénomène qui, d'une façon générale, est sous la dépendance de la composition du mélange, se produit à une température T_g qui reste remarquablement constante lorsque la concentration varie entre une certaine valeur (10 à 22 mol % suivant l'acide) et les solutions les plus diluées où le phénomène s'évanouit. Cette température, caractéristique de l'acide dissous, passe de — 138° pour HCl à — 114° pour H_3PO_4.

([4]) *Nature, Lond.*, 170, 1952, p. 685.

MÉTALLOGRAPHIE. — *Influence de la structure des aciers doux sur leur fragilité sous tensions dans l'hydrogène sulfuré.* Note (*) de M. **Eugène Herzog**, présentée par M. Georges Chaudron.

Les temps nécessaires à la rupture d'aciers doux non alliés ou faiblement alliés, soumis aux épreuves de corrosion dans l'hydrogène sulfuré, sous tensions voisines de leurs limites élastiques, varient dans de larges limites avec la structure de ces aciers.

Les incidents par ruptures fragiles d'aciers exposés aux gaz naturels, riches en hydrogène sulfuré, nous ont incité à étudier la corrosion sous tensions dans ce milieu d'attaque ([1]).

Dans cette Note, nous comparons les durées d'attaque d'un acier doux désoxydé à l'aluminium et d'un acier doux allié (Cr-Al-Mo-Va). Ces aciers ont été traités, soit pour obtenir une structure stable par trempe ou normalisation à Ac_3 et revenu en longue durée, soit pour obtenir des structures instables, par normalisation à Ac_3.

Les contraintes ont été appliquées constamment au moyen de leviers et de poids sur les éprouvettes de traction de 3 mm de diamètre (modèle dit de traction moyenne de P. Chevenard), les surfaces de celles-ci étaient rectifiées.

Les essais étaient effectués sur l'un et l'autre des deux réactifs suivants :

a. dans une solution de chlorure de sodium à 1 %, saturée d'hydrogène sulfuré;

b. dans l'acide sulfurique à 1 %, l'hydrogène étant dégagé avec une densité de courant de 10 mA/cm², entre 15 et 20° C.

A titre de vérification, nous avons également dosé les teneurs en hydrogène absorbé par les éprouvettes au cours des essais, par dégazage sous vide aux températures de 150, 300 et 600° C.

Dans le cas des aciers doux que nous avons étudiés, nous avons constaté que les structures stables constituées de carbures fins (sorbites), les perlites globulaires ou en partie lamellaires, uniformément réparties dans les ferrites, qui sont dans ce cas quasiment dépourvues de carbone en solution solide, résistent aux contraintes de 0,5 à 0,8 E de la limite élastique conventionnelle, pendant plusieurs milliers d'heures dans la solution saline saturée d'hydrogène sulfuré (essai *a*). L'acier allié résiste toutefois à un taux supérieur à l'acier doux précédent, soit sous une contrainte de 0,7 à 0,8 E.

Mais, lorsque ces mêmes aciers, non alliés ou alliés, ont une structure constituée par un agrégat de carbures perlitiques ou bainitiques, ainsi qu'une

(*) Séance du 17 octobre 1955.

([1]) E. Herzog, *XXVI*e *Congrès de Chimie industrielle*, Paris, juin 1953 (*Corrosion*, nos 1, 2 et 3, 1954).

ferrite riche en carbone, on constate qu'ils sont rapidement rompus dans les mêmes conditions d'essai; les ruptures peuvent se produire au cours de temps 100 à 300 fois plus courts sous des contraintes de 0,8 E.

Les teneurs en hydrogène, mesurées sur des éprouvettes non rompues, sont de l'ordre de 20 cm^3/100 g, après 1500 h d'exposition à l'hydrogène sulfuré, alors que d'autres qui ont été rompues après des temps compris entre 2 et 400 h ont dégagé des volumes d'hydrogène compris entre 2 et 15 cm^3/100 g.

Les essais de traction dans l'essai *b* (acide sulfurique) avec dégagement cathodique donnent souvent des ruptures plus rapides que ceux dans l'essai *a*. Les volumes d'hydrogène dégagés après chargement cathodique de courte durée (12 h par exemple) sont du même ordre que ceux par corrosion dans la solution saline saturée d'hydrogène sulfuré, pendant 300 à 1500 h.

En conclusion, la saturation par l'hydrogène atomique ne provoque plus de rupture sous contraintes (0,7 E dans le cas des aciers doux alliés), lorsqu'on est en présence d'une structure uniforme et stable au point de vue thermodynamique. Les diagrammes qui résument de nombreux essais seront indiqués dans une publication prochaine plus étendue.

MÉTALLOGRAPHIE. — *Sur le comportement dilatométrique de monocristaux d'uranium* α. Note de MM. **Pierre Lehr** et **Jean-Paul Langeron**, présentée par M. Georges Chaudron.

Nous avons étudié le comportement dilatométrique de monocristaux d'uranium en fonction de leur orientation et déterminé les valeurs des coefficients de dilatation linéaire suivant les trois axes cristallographiques principaux.

Des éprouvettes dilatométriques monocristallines d'uranium (dimensions $50 \times 4 \times 3$ mm) furent préparées par la méthode de changement de phase (1). Les mesures dilatométriques furent faites à l'aide d'un dilatomètre différentiel Chévenard fonctionnant sous vide, suivant le grand axe des éprouvettes. L'orientation cristallographique de cet axe, qui correspond à la direction de croissance des monocristaux fut établie par rayons X (méthode de Laue en retour).

Un fait remarquable est la réversibilité absolument parfaite des courbes dilatométriques obtenues. Dans le cas d'éprouvettes d'uranium polycristallines, au contraire, on obtient rarement des courbes réversibles, la forte anisotropie d'expansion de l'uranium α créant des interactions mécaniques importantes entre grains adjacents et différemment orientés, qui entraînent une déformation plastique irréversible des éprouvettes. Nous appellerons « dilatation vraie » la

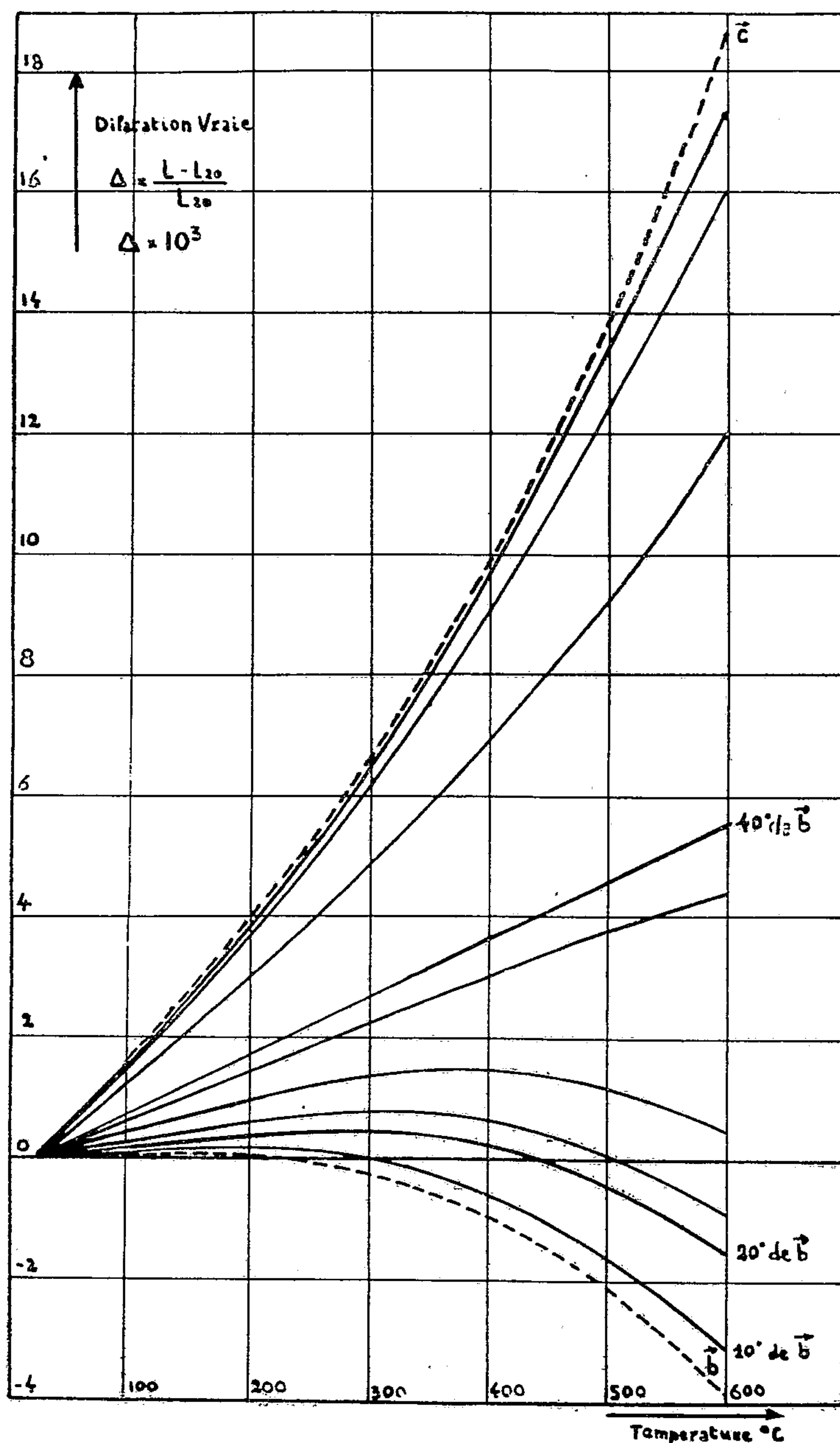
(1) P. Lehr, *Comptes rendus*, 241, 1955, p. 1045.

grandeur ainsi définie :

$$\Delta]_{20}^{t} = \frac{L_t - L_{20}}{L_{20}},$$

L_t et L_{20} étant les longueurs à la température t et à 20°.

Sur la figure ont été tracées les courbes de dilatation vraie de quelques éprouvettes de différentes orientations. Les lois de dilatation suivant les axes *c* et *b* ont été représentées en pointillé.



Lois de dilatation des monocristaux d'uranium de différentes orientations.

Pour les éprouvettes d'axe d'orientation voisine de l'axe *a*[100] ou *c*[001], les courbes de dilatation vraie, en fonction de la température sont régulièrement croissantes et tournent leur concavité vers le haut. Les lois de dilatation suivant *a* et *c* sont voisines.

Au fur et à mesure que l'orientation de l'axe des éprouvettes se rapproche de celle de l'axe *b*[010], le coefficient moyen de dilatation linéaire, pour une température donnée, entre 20 et 600° par exemple, diminue. Il atteint même des valeurs négatives : ainsi, pour un monocristal dont l'axe est à 20° de *b*, 70° de *c* et 90° de *a*, le coefficient moyen entre 20 et 600°, est de l'ordre de $-2 \cdot 10^{-6}$.

Pour les éprouvettes d'axe d'orientation voisine de l'axe *b*[010], les courbes de dilatation vraie tournent leur concavité vers le bas. Ces courbes présentent un maximum, si l'axe des éprouvettes est situé à moins de 35° environ de l'axe *b*. La température correspondant au maximum est d'autant plus basse que l'axe de l'éprouvette est plus proche de *b*. De même l'amplitude des maxima diminue au fur et à mesure que l'on se rapproche de l'axe *b*.

Pour l'axe *b* lui-même, la loi de dilatation pourrait ne plus présenter ce maximum et le métal se contracterait au chauffage dès la température ambiante.

Pour les orientations intermédiaires, les influences des axes à fortes dilatations *a* et *c* et de l'axe à dilatation négative *b* peuvent se compenser plus ou moins. Le coefficient moyen est alors à peu près constant dans le domaine de température, 20 à 600° et les lois de dilatation approximativement linéaires. Ceci est vérifié pour les éprouvettes d'axe situé à une quarantaine de degrés de l'axe *b* : le coefficient moyen de dilatation est alors de $9 \cdot 10^{-6}$. Pour ces orientations intermédiaires se produit le changement de concavité des courbes dilatométriques.

Détermination des coefficients de dilatation suivant les trois axes cristallographiques. — La direction cristallographique suivant laquelle les mesures dilatométriques sont faites n'est définie qu'avec une certaine précision (de l'ordre de $\pm 2°$) par suite de l'imperfection des cristaux de changement de phase. L'erreur introduite dans la détermination des coefficients de dilatation principaux par cette imprécision est d'autant plus faible que l'on dispose d'éprouvettes plus proches des axes cristallographiques.

Les valeurs déterminées, soit par le calcul, soit par une méthode d'extrapolation graphique, sont présentées avec une précision de $\pm 1 \cdot 10^{-6}$.

Coefficients moyens de dilatation linéaire ($\times 10^6$).

Entre 20° et	200.	300.	400.	500.	600.
Axe *a*............	22,4	23,8	25,5	27,7	30,5
» *b*............	0,2	-1	-2,5	-4,4	-6,7
» *c*............	21,5	23,7	26,2	28,9	32,2

Ces valeurs sont de l'ordre de grandeur de celles déterminées par rayons X par C. M. Schwartz et D. A. Vaughan ([2]).

D'autre part, au cours d'une étude dilatométrique sur des éprouvettes polycristallines d'uranium, rendues statistiquement isotropes par traitement de trempe, à partir de la phase β, nous avons déterminé les valeurs du coefficient moyen de dilatation cubique de l'uranium α. Ces valeurs, ci-dessous présentées, sont en bon accord avec celles que l'on peut calculer en faisant la somme algébrique des coefficients moyens de dilatation linéaire suivant les trois axes cristallographiques.

Coefficients moyens de dilatation cubique ($\times 10^6$).

Entre 20° et	200.	300.	400.	500.	600.
v.................	44,4	46,8	48,9	51,6	54,9

MÉTALLOGRAPHIE. — *Détermination des points de transformation du fer pur.* Note de M. **Christian Boulanger**, présentée par M. Pierre Chevenard.

Fer « spectroscopiquement pur », débarrassé des métalloïdes par traitement sous vide à haute température. Points de transformation déterminés par analyse thermique différencielle et évalués dans l'échelle thermométrique internationale de 1948. Point de Curie : 769° C. Point $\alpha \rightarrow \gamma$ (Ac_3) : 911°C. Point $\gamma \rightarrow \delta$ (Ac_4) : 1392° C. Point de fusion, 1536° C.

Les points de transformation du fer pur sont généralement donnés dans l'échelle thermométrique internationale de 1927 et arrondis à un degré près. D'après la dernière édition du *Metals Handbook* ([1]) on admet : point de Curie, 768° C; point de transformation de la phase α en la phase γ à la chauffe (AC_3), 910° C; point de transformation de la phase γ en la phase δ (AC_4), 1400° C; point de fusion, 1539° C. Dans l'échelle internationale de 1948, il faudrait lire : 768°,4, 910°,4, 1398°,3, 1536°,2. Toutefois il faut tenir compte du sens dans lequel les valeurs précédentes avaient été arrondies; d'autre part la valeur attribuée au point AC_4 n'était qu'une moyenne de résultats assez différents. Le point de Curie était lui aussi un peu incertain, à cause de son manque de définition précise.

On s'est efforcé de reprendre ces déterminations. La matière première utilisée a été du fer dit « spectroscopiquement pur », c'est-à-dire dont les principales impuretés métalliques sont inférieures à 0,001 %, mais par contre assez riche en métalloïdes (oxygène, carbone, etc.). On a mis au point un procédé de purification qui consiste à chauffer entre 1450

([2]) *Battelle Memorial Institute.*

([1]) *Metals Handbook*, A. S. M., Cleveland, 1948.

et 1500° C, sous très bon vide (de l'ordre de 10^{-5} mm de mercure), de petits échantillons de 3 à 4 mm de diamètre. Le four utilisé, à enroulement de tungstène sur tube d'alumine, était tout entier placé sous vide. De cette façon, aucune des impuretés de l'alumine ne vient contaminer le fer, ce qui n'est pas le cas dès qu'il y a fusion du fer. Quant au mécanisme de la purification, l'existence de dépôts au voisinage du fer et dans les parties froides du tube réfractaire, montrent que l'échantillon et la gaine qui le soutient se comportent comme une pompe à diffusion à vapeur de fer qui élimine rapidement tout ce qui est plus volatil que le fer. Après un tel traitement, applicable d'ailleurs à du fer plus chargé en impuretés, on constate la disparition complète de toutes les inclusions et les échantillons deviennent quasi monocristallins. Une autre solution consiste à effectuer le traitement en atmosphère d'hydrogène; mais alors il faut que seul le fer soit porté à haute température et rayonne directement sur des parois froides.

Pour la détermination des points de transformation du fer, l'expérience a montré que la méthode la plus précise était l'analyse thermique différentielle avec deux couples platine-platine rhodié à 13 % de rhodium. Un des couples était situé dans une gaine d'alumine (diamètre extérieur, 2 mm), placée au centre du petit cylindre de fer de 3,75 mm de diamètre extérieur. L'ensemble était contenu dans une gaine de 4 mm de diamètre intérieur, toujours en alumine. Le couple de référence était placé dans une gaine analogue mais sans fer.

Pour déterminer le point de Curie, la f. é. m. du couple placé dans le fer était appliquée sur l'axe vertical d'un potentiomètre enregistreur X-Y, la f. é. m. différentielle étant appliquée sur l'axe horizontal. La température était repérée indépendamment par un potentiomètre manuel. On a adopté comme définition du point de Curie celle de la disparition du magnétisme fort, correspondant au maximum de la courbe « chaleur spécifique-température ».

Le point AC_3 a été déterminé en branchant le couple différentiel aux bornes d'un galvanomètre sensible, car il faut faire varier très lentement la température, le point AC_3 pouvant être affecté d'un déplacement important lorsqu'on chauffe rapidement des monocristaux où la germination se fait mal. L'hystérésis minimum constaté entre la chauffe et le refroidissement a été de deux degrés. Pour le point AC_4 et le point de fusion on a remplacé le galvanomètre sensible par l'enregistreur X-Y comme indicateur, la mesure des températures se faisant indépendamment. L'hystérésis minimum entre la chauffe et le refroidissement pour la transformation γ-δ n'a été que d'un degré.

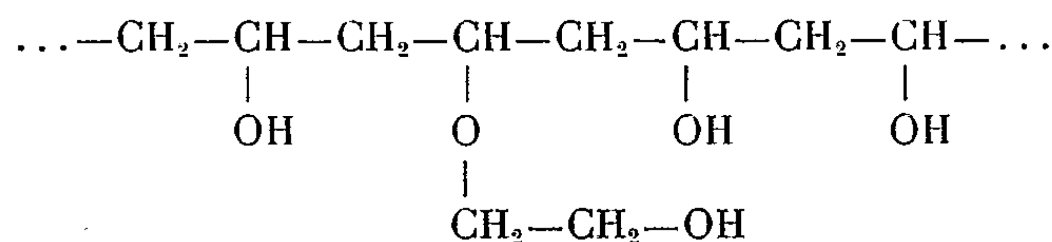
A la suite de ces mesures et d'un examen critique des données de la bibliographie, on propose donc comme valeur des points de transformation

du fer pur dans l'échelle internationale de 1948 : point de Curie, 769° C; point AC_3, 911° C; point AC_4, 1392° C; point de fusion, 1536° C; toutes ces valeurs étant précises à un degré près.

CHIMIE MACROMOLÉCULAIRE. — *Préparation et propriétés de dérivés β-hydroxyéthylés de l'alcool polyvinylique* (*β-hydroxyéthyloxypolyvinyles*). Note de MM. **Georges Champetier** et **Michel Lagache**, présentée par M. Charles Dufraisse.

Les β-hydroxyéthyloxypolyvinyles peuvent être obtenus avec des taux de substitution atteignant 80 %. Leur réactivité vis-à-vis des agents d'estérification est nettement supérieure à celle de l'alcool polyvinylique.

Les dérivés β-hydroxyéthylés de l'alcool polyvinylique peuvent être préparés par action de l'oxyde d'éthylène sur l'alcool polyvinylique en milieu alcalin (1). Il est cependant difficile d'obtenir des taux de substitution élevés et les produits obtenus se présentent, en fait, comme des copolymères d'alcool vinylique et d'oxyde de β-hydroxyéthyle et de vinyle à fort pourcentage de motifs d'alcool polyvinylique.



Nous avons pu cependant préparer des produits dont le taux de substitution atteint près de 80 % par la technique suivante :

100 cm³ d'oxyde d'éthylène sont introduits par barbotage à froid, au reflux, dans une solution de 11 g d'alcool polyvinylique dans 200 cm³ de potasse aqueuse 0,4 N. L'alcool polyvinylique précipite sous une forme gonflée, très réactive. Le mélange réactionnel abandonné à lui-même, en récipient bouché, subit au bout de quelques heures un violent échauffement. La solution brunit. Une partie de l'oxyde d'éthylène se polymérise en formant un polyoxyéthylène de très faible degré de polymérisation tandis que l'autre partie se fixe sur l'alcool polyvinylique. La réaction est terminée en 12 h. Après addition d'eau jusqu'à obtention d'un collodion homogène, la potasse est neutralisée par l'acide iodhydrique. L'hydroxyéthyloxypolyvinyle est alors précipité par 2 l d'acétone, solvant qui dissout l'iodure de potassium et le polyoxyéthylène. Après épuisement à l'acétone au Soxhlet, le polymère hydroxyéthylé est séché longuement sous vide pour éliminer l'acétone qu'il retient fortement par suite de sa structure gélifiée.

L'analyse ne peut renseigner sur le taux de substitution, car la composition centésimale de l'hydroxyéthyloxypolyvinyle est la même que celle

(1) *I. G. Farben Industrie*, brevet français n° 708.236, 1930; S. G. Cohen, H. C. Haas et H. Slotruck, *J. Polym. Sc.*, 11, 1953, p. 193.

de l'alcool polyvinylique, de l'oxyde d'éthylène, des polyoxyéthylènes ou des produits résultant de la fixation de plus ou moins longues chaînes polyoxyéthyléniques sur l'alcool polyvinylique.

Cependant par acétylation du produit de la réaction, puis mesure de l'indice de saponification de l'acétate, il est possible de déterminer la masse moléculaire moyenne des motifs monomères et de s'assurer que le taux de substitution calculé de cette manière correspond bien à celui que l'on peut déduire de l'augmentation de poids de l'alcool polyvinylique initial, en supposant qu'il n'y a qu'une molécule d'oxyde d'éthylène fixée sur chaque fonction alcoolique substituée de l'alcool polyvinylique, comme cela se produit pour la cellulose ([2]).

Toutefois, l'étude de la réaction de fixation de l'oxyde d'éthylène par l'alcool polyvinylique en fonction de la concentration en base alcaline du milieu réactionnel ne permet pas d'envisager que cette réaction s'effectue par l'intermédiaire d'une combinaison moléculaire d'addition de l'alcool polyvinylique et de la base, analogue aux alcali-celluloses. L'absence d'une telle combinaison d'addition explique sans doute aussi l'impossibilité où nous nous sommes trouvés de préparer un éther glycolique de l'alcool polyvinylique ou du β-hydroxyéthyloxypolyvinyle par action du monochloracétate de sodium sur ces polymères en milieu alcalin dans les conditions où l'on obtient aisément l'éther glycolique de cellulose (carboxyméthylcellulose) ([3]).

A cet égard, le comportement différent de l'alcool polyvinylique où tous les hydroxyles sont secondaires, du β-hydroxyéthyloxypolyvinyle à 80 % de substitution où la majeure partie des hydroxyles sont primaires et de la cellulose où les hydroxyles sont pour 1/3 primaires et pour 2/3 secondaires, montre que, dans la formation des éthers glycoliques de ces macropolymères, le caractère primaire ou secondaire des hydroxyles n'est pas le facteur essentiel de la réaction, mais plutôt leur réactivité conditionnée par leur bloquage plus ou moins important dans des liaisons hydrogène intra ou intermoléculaires. En outre, comme cela a été constaté en comparant les aptitudes réactionnelles de la cellulose et de l'hydroxyéthylcellulose ([2]), le β-hydroxyéthyloxypolyvinyle est plus réactif que l'alcool polyvinylique au cours des réactions d'estérification. Si la différence est peu marquée pour la réaction d'acétylation qui est rapide dans les deux cas, elle apparaît nettement lors de l'action du chlorure de l'acide paratoluènesulfonique ou de l'anhydride phtalique en milieu pyridinique. Non seulement la vitesse d'estérification est plus grande pour le dérivé hydroxy-

---

([2]) P. Fournier, *Thèse*, Paris, 1949; G. Champetier et P. Fournier, *Bull. Soc. Chim.*, 1949, p. 695.

([3]) J. M. Brown et G. H. Thompson, *J. Soc. Chem. Ind*, 69, 1950, p. 254.

éthylé, mais la limite d'estérification est aussi plus élevée. Ces résultats peuvent s'expliquer par une accessibilité plus grande des hydroxyles, plus dégagés de la chaîne macromoléculaire, dans le cas des dérivés hydroxyéthylés.

CHIMIE MACROMOLÉCULAIRE. — *Calcul de l'action de l'environnement sur la rotation d'un oxhydryle intervenant dans l'absorption diélectrique de la cellulose et de l'amidon.* Note de MM. **Paul Abadie, Robert Charbonnière, Auguste Gidel, Pierre Girard** et **André Guilbot**, présentée par M. Jacques Duclaux.

L'élévation de la température accroît l'absorption diélectrique (ε''_{max}) de la cellulose et de l'amidon, par diminution de l'action de l'environnement sur la rotation dans le champ des —OH intervenant dans l'absorption. On calcule pour un —OH l'énergie correspondant à cet effet d'environnement.

L'absorption diélectrique de la cellulose et celle de l'amidon sont imputables uniquement aux —OH, mobiles dans le champ alternatif, d'alcools en position 2, 3 et 6 de part et d'autre du plan des anneaux de glucose pyranique. Les trois courbes successives d'absorption de la cellulose et de l'amidon correspondant à ces alcools sont semblables, mais les hauteurs de leurs données diffèrent considérablement. Ces hauteurs varient comme la concentration des —OH dans l'unité de volume, (concentration maintenue constante dans nos expériences) et comme le degré de rotation de chaque —OH dans le champ. Ce degré de rotation dépend du moment apparent imposé par l'environnement. L'effet de cet environnement est variable avec T. La figure montre pour l'amidon et pour la cellulose la variation avec T de ε''_{max} correspondant à une fréquence critique (f_c) qui se situe aux environs de 5 MHz à 20° C. Nous n'avons pas dépassé 60° C afin d'éviter précisément l'accroissement par « décristallisation » des —OH intervenant dans l'absorption. L'amidon et la cellulose étaient déshydratés et les mesures faites à densité égale.

Calcul de la variation de l'énergie d'un —OH *due à l'action de l'environnement.* L'accroissement, par relâchement de l'environnement du degré de rotation d'un —OH a pour conséquence un accroissement de ε''_{max}.

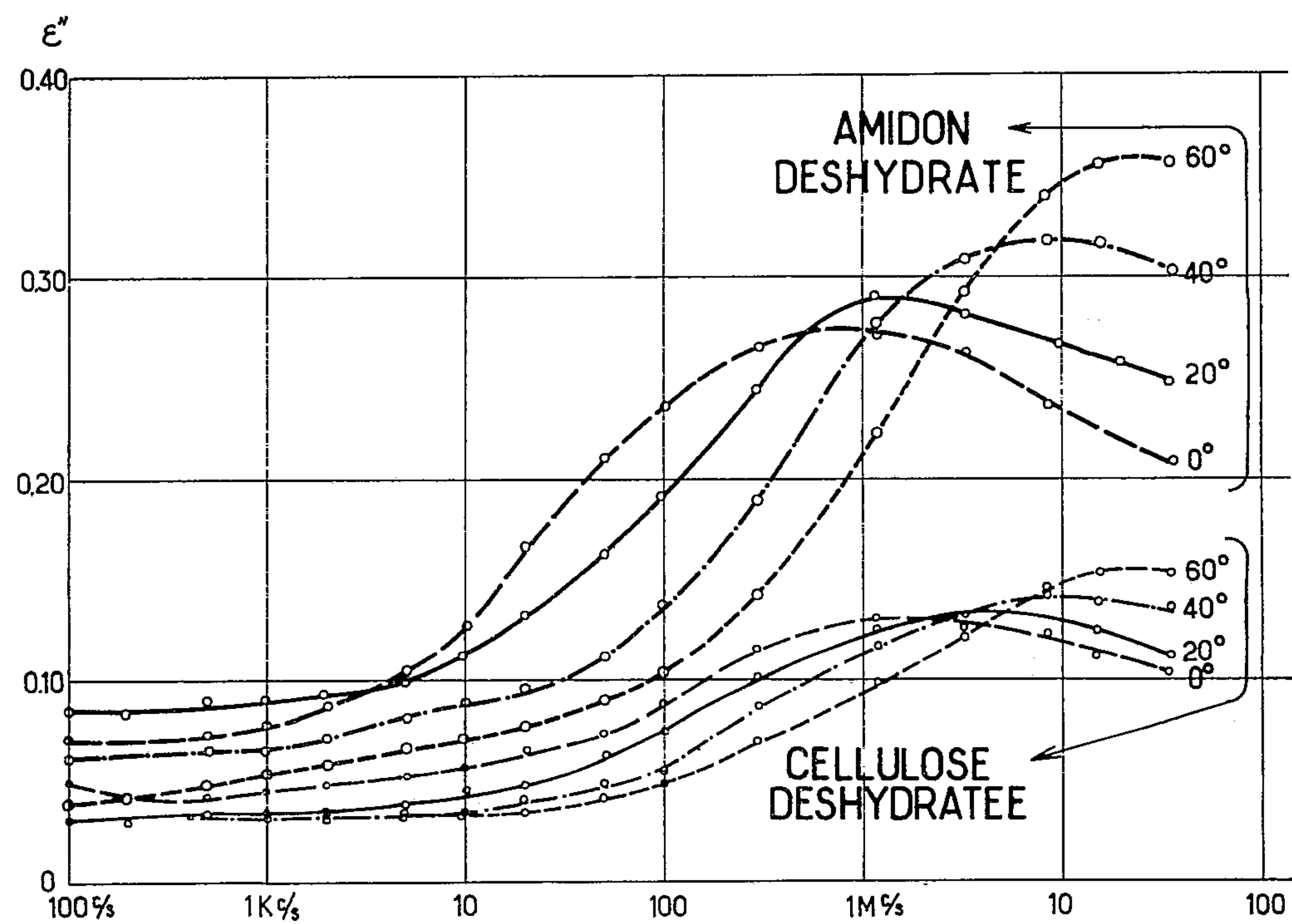
L'énergie V correspondant à l'action de l'environnement se calcule par le moyen de la relation de Boltzmann.

On écrit, k étant la constante de Boltzmann :

$$\varepsilon''_{max} \propto \frac{1}{KT} \frac{1}{2 + e^{+\frac{V}{KT}} - e^{-\frac{V}{KT}}}. \qquad (1)$$

Le calcul montre que la valeur de V directement indépendante de T, mais dépendant de l'environnement qui s'accorde bien avec les données expérimen-

tales est, en kilocalories par OH : 1,46 pour l'amidon et 1,23 pour la cellulose. C'est le faible accroissement avec T du désordre des — OH ancrés sur les chaînes polymères qui laisse apparaître l'accroissement de ε''_{max}. Dans un liquide ou un gaz l'accroissement du désordre par la chaleur masque cet accroissement. Aussi les théories supposent-elles des liquides et des gaz assez dilués pour que les interactions n'entrent pas en ligne de compte.



Calcul de l'énergie H. — On l'a souvent calculée pour des liquides en utilisant la relation (τ étant le temps de relaxation) :

$$\frac{1}{2\pi\tau} = f_c = A\,e^{-\frac{H}{kT}}. \tag{II}$$

Appliquée à l'amidon et à la cellulose, cette formule donne pour H en kilocalories par OH : 11 pour l'amidon et 8 pour la cellulose. Le tableau ci-dessous résume l'ensemble des résultats :

	V (kcal par OH).	A(s^{-1}).	H (kcal par OH).
Amidon..................	1,46	8.10^{14}	11
Cellulose.................	1,23	$0,4.10^{13}$	8

Dans un solide la diminution du temps de relaxation d'un —OH avec T ne saurait avoir d'autre cause qu'un affaiblissement du déphasage de sa rotation du fait de l'environnement. Celui-ci influence donc à la fois la

polarisabilité et le temps de relaxation qui figurent dans l'expression générale de l'absorption. De cette concomitance d'effets on peut induire qu'entre deux solides polaires comparables les valeurs de H/V — dans les limites de précision, ici assez faible, des mesures — seront les mêmes.

CHIMIE APPLIQUÉE. — *Recherches sur le vieillissement des bitumes au contact des agents atmosphériques.* Note de M. **René Dubrisay**, présentée par M. Charles Dufraisse.

Le vieillissement à l'air des bitumes utilisés dans les travaux publics a fait l'objet de nombreuses recherches (¹). Les auteurs s'accordent à reconnaître que cette altération se manifeste :

1° Par des variations dans les propriétés physiques mécaniques (élévation du point de ramollissement, augmentation de la dureté et de la fragilité, diminution de la ductilité);

2° Par la fixation d'oxygène, accélérée par la chaleur et la lumière;

3° Par l'accroissement du taux d'insoluble aux hydrocarbures.

Ces deux derniers caractères conduisent à supposer qu'il s'agit là d'un phénomène d'oxydo-polymérisation qu'il était naturel, à la suite des travaux de Moureu et Dufraisse, de chercher à ralentir par l'emploi d'agents antioxygène, qui ont fourni d'importants résultats dans des cas pratiques analogues (gommage des essences, vieillissement du caoutchouc, etc.).

J'ai repris cette étude en utilisant principalement les modes opératoires suivants :

1° Détermination du taux d'insoluble dans le toluène, nul à l'origine, qui apparaît et augmente par chauffage à l'étuve, au bout de quelques semaines, et par abandon à l'air au bout de plusieurs mois ou plutôt de quelques années.

2° Application d'une méthode d'analyse capillaire que j'ai indiquée autrefois et qui consiste à suivre la tension interfaciale qui s'exerce à la surface de séparation d'une liqueur alcaline et du corps étudié — ou de sa solution dans un hydrocarbure (²). Si l'altération du produit donne naissance à des acides à poids moléculaires élevés, cette tension interfaciale est abaissée dans des proportions considérables (³).

(¹) Neppe, *Trans. South Ajican Inst. Civil Engineering*, 1, 1951, p. 195; *Abraham Asphalt and Allied substances*, New-York, 1945; Pfeiffer et coll., *Properties of asphaltic Bitumen*, Amsterdam, 1950; Van Oort, *Study of ageing of asphaltic bitumen* (*Thèse*, École Supérieure de Delft, 1954).

(²) R. Dubrisay, *Comptes rendus*, 156, 1913, p. 894 et 190; 157, 1913, p. 1150; *Ann. Chim.*, janvier 1918; *XIIIᵉ Congrès de Chimie appliquée*, Lille, 1933.

(³) Weiss et Vellinger, *Comptes rendus*, 188, 1929, p. 901; Dubrisay et Mᵐᵉ Burglen-Geoffroy, *Le Lait*, 1942; Traxler et Pittmann, *Ind. and Eneg. Chem.*, 1932.

La méthode a d'ailleurs reçu déjà des applications pratiques ([4]).

Je me suis toutefois heurté à une difficulté qui apparaît dans toute étude systématique sur ce phénomène, et qui est liée à l'hétérogénéité de la matière première. On ne parvient pas en effet à obtenir de résultats quantitativement reproductibles, ou fournissant dans le temps des résultats cohérents. J'ai alors usé de l'artifice suivant : un poids connu de bitume (2,5 g dans l'espèce) est dissout dans 50 cm^3 de toluène. 10 cm^3 de cette solution (additionnés ou non d'antioxygène) sont versés dans cinq boîtes de Piétri, et on laisse évaporer le solvant. On obtient ainsi cinq films, de 0,5 g chacun, que l'on peut, en raison de leur origine, regarder comme identiques entre eux. On soumet ces films à des essais de vieillissement en utilisant les deux tests indiqués plus haut.

Par chauffage à l'étuve, l'altération ne se manifeste que lentement ([5]). Elle est au contraire rapide sous l'action de la lumière ultraviolette, ainsi qu'il résulte des chiffres portés dans les tableaux suivants. Dans chacun de ces tableaux, on a porté dans la colonne 1 le nombre d'heures d'exposition à la lumière ultraviolette, dans la colonne 2 le nombre de gouttes obtenues en faisant écouler dans une solution de soude N/100 2 cm^3 d'une solution toluénique du produit, et dans la colonne 3 la proportion d'insoluble au toluène.

TABLEAU I.

Bitume seul.

1.	2.	3.
0 h	62	0
50	86	0
150	(*)	1,20
200	(*)	5,70

TABLEAU II.

Bitume additionné de 0,5 % *d'hydroquinone.*

1.	2.	3.
0 h	63	0
50	73	0
100	203	0
150	(*)	0,68
200	(*)	1,65

TABLEAU III.

Bitume additionné de 0,5 % *de β-naphtol.*

1.	2.	3.
0 h	50	0
50	130	0
100	305	0
150	(*)	0,15

TABLEAU IV.

Bitume additionné de 0,5 % *d'aniline.*

1.	2.	3.
0 h	67	0
150	(*)	0,3
200	(*)	0,65

(*) Gouttes très petites, impossibles à dénombrer.

([4]) Le phénomène est assez sensible pour que la méthode stalogmométrique le mette en évidence. Dès que la proportion des acides formés est notable, les gouttes deviennent si petites qu'il est impossible de les compter.

([5]) On peut même déterminer au bloc Maquenne la température de passage de l'état solide à l'état liquide. Cette température, bien entendu, n'est pas nettement définie. On constate cependant qu'elle est à l'origine voisine de 90° et au bout de 200 h d'illumination dépasse nettement 120°.

L'action des antioxygènes est manifeste. Je poursuis ces recherches en faisant varier la nature des réactifs protecteurs et les conditions du vieillissement.

CHIMIE THÉORIQUE. — *Réduction d'un type particulier de matrices : application à la chimie.* Note (*) de M. **René Gouarné**, présentée par M. Louis de Broglie.

Généralisant les procédés d'abaissement de l'ordre des systèmes linéaires en tenant compte des symétries, nous définissons un type de matrices dont la réduction se ramène à celle de matrices d'ordre inférieur. Nous donnons un exemple intéressant la chimie théorique dans lequel le polynôme caractéristiques, les valeurs propres et vecteurs propres ont une expression analytique simple.

On appelle n-symétrique toute matrice γ de la forme

$$\begin{Vmatrix} A_1 & A_2 & \dots & A_n & B \\ A_n & A_1 & \dots & A_{n-1} & B \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ A_2 & A_3 & \dots & A_1 & B \\ D & D & \dots & D & C \end{Vmatrix}$$

où les A_i sont des matrices d'ordre p, C une matrice d'ordre m, B une matrice à p lignes et m colonnes, D une matrice à m lignes et p colonnes. Les matrices n-symétriques généralisent les centro-symétriques et les circulantes. Elles apparaissent souvent dans l'étude de systèmes physiques présentant une symétrie d'ordre n.

Soit

$$\omega_i = e^{\frac{2\pi i\sqrt{-1}}{n}} \quad (1 \leq i \leq n) \qquad \text{et} \qquad S_i = A_1 + A_2\omega_i + A_3\omega_i^2 + \dots + A_n\omega_i^{n-1}.$$

En remplaçant successivement les p premières lignes et colonnes de γ par une combinaison linéaire (à coefficients ω_i^k) des $n - 1$ autres groupes de p lignes (ou colonnes) homologues, on montre que :

$$|\gamma| = \left(\prod_{i=1}^{n-1} |S_i|\right) \cdot \begin{vmatrix} nS_n & nB \\ nD & C \end{vmatrix}.$$

Donc, pour tout $i < n$ les p valeurs propres $\lambda_{i,1}, \dots, \lambda_{i,p}$ de S_i sont aussi valeurs propres de γ ; les $p + m$ autres valeurs propres de γ sont égales aux valeurs propres de la matrice :

$$\Delta = \begin{Vmatrix} nS_n & nB \\ nD & C \end{Vmatrix}.$$

(*) Séance du 17 octobre 1955.

On construit de même les directions propres de γ à partir de celles de S_i et de Δ par des formules simples :

$$D_{i,j}^{np+l} = 0;$$

$$D_{i,j}^{hp+l} = K\omega_i^{h-1} d_{i,j}^l, \quad \text{avec} \quad 1 \leqq i < n, \quad 1 \leqq j \leqq p, \quad 1 \leqq h < n, \quad 1 \leqq l \leqq p;$$

$$D_{n,j}^{hp+l} = K d_{n,j}^l, \qquad D_{n,j}^{np+r} = K d_{n,j}^r \qquad (1 \leqq r \leqq m)$$

tandis que K est une constante arbitraire que l'on peut déterminer par normalisation. $D_{i,j}^{hp+l}$ désigne la $hp + l^{\text{ième}}$ composante du vecteur propre $D_{i,j}$ de γ relative à la valeur propre $\lambda_{i,j}$, d_{ij}^l est, de même, la $l^{\text{ième}}$ composante de la direction propre d_{ij} de S_i relative à λ_{ij}, d_{nj}^l la $l^{\text{ième}}$ composante de la direction propre d_{nj} de Δ relative à la valeur propre λ_{nj}.

Dans le cas de dégénérescence on peut profiter de l'indétermination du problème pour ramener la solution à la forme précédente.

Remarque. — Quand on abaisse sans précaution l'ordre du système, en tenant compte directement de la symétrie, on introduit des valeurs propres étrangères, de C avec la multiplicité $n - 1$.

Application à la chimie. — Utilisons la méthode des orbitales moléculaires dans l'approximation des combinaisons linéaires d'orbitales atomiques (1). Soit à étudier le système S suivant : à un cycle de $2n$ liaisons conjuguées on accole n cycles conjugués de m sommets de telle manière que dans le cycle central toute liaison d'accolement se trouve entre deux liaisons libres et inversement. Nous supposons négligeables les interactions lointaines et nous admettons que les paramètres coulombiens des mn sommets sont égaux à une constante α. Nous admettons enfin que les paramètres d'échange des n liaisons libres du cycle central sont égaux à une constante β' tandis que les paramètres d'échange des autres liaisons sont égaux à une constante β.

Avec les notations habituelles : $\alpha - \varepsilon = \beta y = 2\beta\cos\theta$, $\beta' = \beta\rho$ [*voir* par exemple : (2)] la méthode des orbitales moléculaires associe à S une matrice hamiltonienne n-symétrique γ d'ordre nm pour laquelle B, C et D n'existent pas. L'équation aux énergies se présente comme le produit des $|S_i - \varepsilon I_m|$ soit

$$|\gamma - \varepsilon I_{nm}| = \prod_{i=1}^{n} [P_m - a_{i,1} a_{i,n-1} P_{m-2} - (-1)^m (a_{i,1} a_{i,n-1})]$$

où P_m et P_{m-2} sont des polynomes de Tchebycheff de 2e espèce en y introduits comme d'habitude (3). On a posé

$$a_{i,1} = 1 + \rho\omega_i \qquad \text{et} \qquad a_{i,n-1} = 1 + \rho\omega_i^{n-1}.$$

(1) C. A. Coulson, *Proc. Roy. Soc. London*, A 19, 1947, p. 39.
(2) R. Gouarné, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 963.
(3) R. Gouarné, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 844.

On a, de plus, les directions propres :

$$D_{i,j}^{hp+l} = K\omega_i^{h-1} d_{i,j}^{l}, \qquad \text{avec} \quad d_{i,j}^{l} = (-1)^{l-1}[P_{l-1}(y_{i,j}) + a_{i,n-1}P_{p-1-l}(y_{i,j})]$$

et

$$K = \sqrt{2} \bullet \sin\theta_{i,j}/n$$
$$\{P_{p-1}^2(y_{i,j}) \bullet (1 - a_{i,1}a_{i,n-1}) + pP_{p-1}[a_{i,1}a_{i,n-1}\cos(p-1)\theta_{i,j} - \cos(p+1)\theta_{i,j}]\}$$

qui assure la normalisation

$$\sum_{l=1}^{p}\sum_{n=1}^{n} D_{i,j}^{hp+l}\overline{D}_{i,j}^{hp+l} = 1.$$

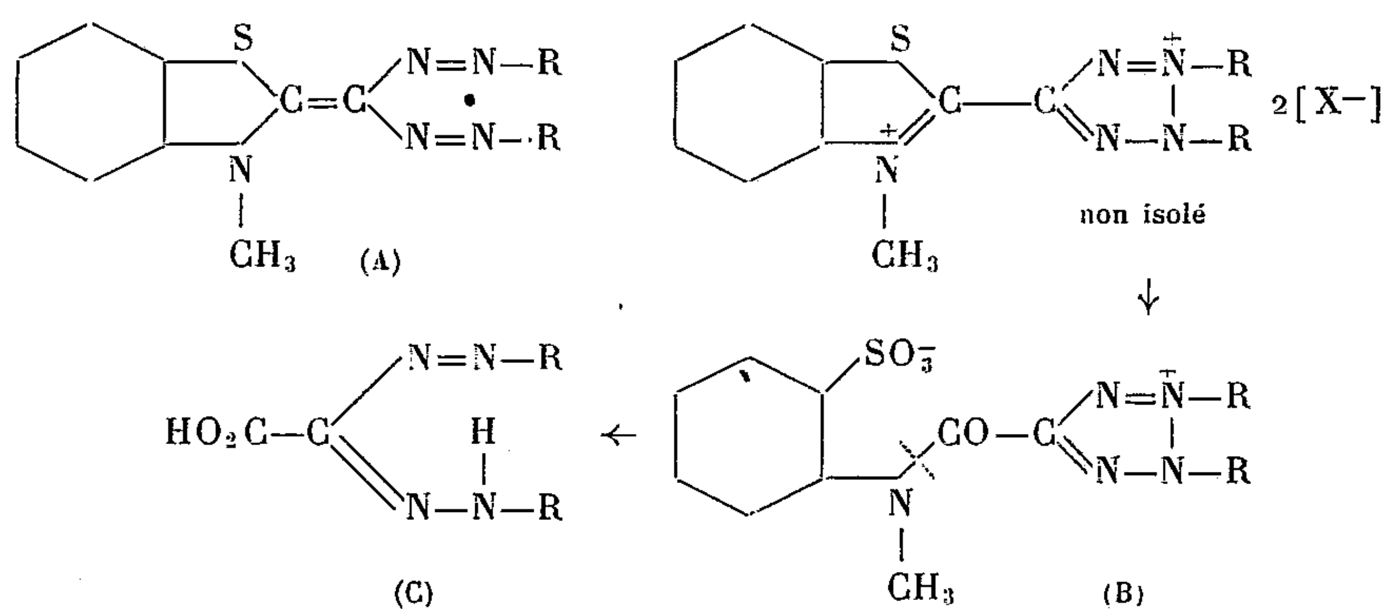
CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les produits d'oxydation nitrique des bis-(arylazo)-méthylène-2 méthyl-1 benzothiazoline.* Note de Mlle **Marie-Thérèse Le Bris** et M. **Henri Wahl**, présentée par M. Marcel Delépine.

Les produits d'oxydation incolores décrits précédemment sont transformés par la soude alcoolique en acide diaryl-1.5 formazane carboxylique. On en déduit la structure probable des produits incolores.

Nous avons décrit (¹) les produits incolores, cristallisés qui résultent de l'oxydation nitrique des bis-(arylazo)-méthylène-2 méthyl-1 benzothiazoline (A). La formule brute d'un de ces produits (B) diffère de celle du disazoïque (A) correspondant par l'adjonction de quatre atomes d'oxygène et d'un nombre d'atomes d'hydrogène difficile à préciser par la seule analyse élémentaire; $(A+O_4+H_2?)$.

Il paraissait difficile *a priori* de fixer la position et la fonction des atomes ainsi fixés. Fort heureusement l'étude de l'action des alcalis alcooliques a permis d'éclairer cette question de façon inattendue.

Nous avons pu en effet isoler et identifier les composés intensément colorés (C) qui se forment sous l'action de ce réactif et donc nous avons déjà signalé l'existence.



(¹) *Comptes rendus*, 240, 1955, p. 2421.

Par exemple, 15 g du composé (B) issu de la *p*-chloraniline [$R=p—C_6H_4Cl$ dans (A)] sont délayés dans 50 cm³ d'alcool. On y ajoute 4 cm³ de soude à 35 % et laisse en repos pendant 12 h. Une coloration rouge groseille intense se développe. On ajoute encore 15 cm³ de soude et porte, pendant 20 mn au bain-marie bouillant. Par refroidissement, se déposent de belles aiguilles rouge grenat d'un sel de sodium (5 g). On en recueille une seconde fraction (6 g) en versant les eaux mères dans de l'eau et en relargant par du sel. L'ensemble est traité par l'acide acétique bouillant qui abandonne par refroidissement des aiguilles rouges F 204°, de caractère acide, solubles en rouge dans le bicarbonate de sodium, en rouge foncé dans la soude, en bleu foncé dans l'acide sulfurique concentré.

L'analyse montre que ce corps est totalement exempt de soufre et sa composition permet de lui attribuer la formule brute $C_{14}H_{10}O_2N_4Cl_2$. Il y a donc eu scission de la molécule, mais conservation des restes *p*-chlorophénylazoïques. Ceci suggère l'idée qu'il s'agit de l'acide di-(*p*-chlorophényl) formazane carboxylique, non encore décrit à notre connaissance.

Pour confirmer cette hypothèse, nous avons réalisé la synthèse de cet acide par la méthode de Bamberger et Wheelwright ([2]) c'est-à-dire en copulant le diazoïque de la *p*-chloraniline sur l'acétylacétate d'éthyle et en saponifiant ensuite. L'identité du produit synthétique avec le produit de dégradation ressort de l'examen du tableau suivant.

	Produits obtenus par	
	Synthèse.	dégradation.
	$R=C_6H_4Cl$.	
Point de fusion..........	204°	204°
	Mélange 204°.	
Analyse, trouvé %.......	N 16,50	N 16,78 C 50,00 H 2,87 Cl 20,6
Analyse, calculé %......	N 16,61 C 49,85 H 2,97 Cl 21,0	
λ_M (alcool neutre)........	438 mμ	440 mμ
$\varepsilon.10^{-4}$..................	2,01	2,02
λ_M (alcool + KOH).......	528 mμ	528 mμ
$\varepsilon.10^{-4}$..................	5,01	5,01
	$R=C_6H_5$.	
Point de fusion..........	166°	166°
	Mélange 166°.	
Analyse, trouvé %.......	N 20,82	N 20,87
Analyse, calculé %......	N 20,90	
λ_M (alcool neutre)........	430 mμ	430 mμ
$\varepsilon.10^{-4}$..................	2,05	2,05
λ_M (alcool + KOH).......	512 mμ	512 mμ
$\varepsilon.10^{-4}$..................	2,78	2,79

Une réaction semblable a été observée au départ de la bis-(phénylazo)-méthylène-2 méthyl-1 benzothiazoline, qui conduit à l'acide diphényl-1.5 formazane carboxylique lui-même [$R = C_6H_5$ dans (A) et (C)]; F 166° identifié avec un échantillon synthétique [lit. F 164° (2)].

Il en résulte, qu'au cours de l'action de l'acide nitrique, suivie de celle de la soude alcoolique, la partie disazoïque de la molécule subit seulement des transformations réversibles, avant de se séparer de la partie thiazolique plus profondément touchée.

Pour tenir compte à la fois de ces faits, de la composition centésimale des corps (B), de leur solubilité dans les acides forts, on peut formuler l'hypothèse suivante : l'oxydation transforme le reste disazoïque en tétrazolium, le cycle thiazolique est ouvert par hydrolyse, le soufre oxydé en anion SO_3^- qui vient salifier le tétrazolium formé en premier lieu. La soude alcoolique réduit le tétrazolium en formazane et scinde la liaison amide.

Nous montrerons ultérieurement qu'il en est bien ainsi et que d'autres hétérocycles subissent des réactions du même type.

MINÉRALOGIE. — *Quelques expériences sur la déformation de roches éruptives acides à haute température.* Note de MM. **Germain Sabatier** et **Henri Saucier**, présentée par M. Charles Mauguin.

L'observation de phénomènes naturels tels que les plissements ou les coulées de laves, a suggéré aux géologues de nombreuses hypothèses sur les lois qui régissent l'écoulement des roches; mais on possède bien peu de données expérimentales sur ce sujet. Nous présentons ici quelques expériences sur la déformation de roches éruptives acides à haute température.

Soit un cube, de côté a, taillé dans la roche, et soumis à une compression provoquée par deux forces égales appliquées sur deux faces opposées du cube; nous désignerons par P (exprimée en bars) la pression exercée sur chacune de ces faces à l'instant initial.

A haute température le cube se déforme, et l'expérience montre qu'il prend, au bout d'un temps t, la forme d'un prisme droit de hauteur h.

Supposons d'abord qu'il s'agisse d'un écoulement purement visqueux, la viscosité étant η. On peut montrer, par analogie avec la déformation d'un cube élastique (1), que les variables précédentes sont liées par une expression qu'il est commode de représenter graphiquement en la mettant

(2) Bamberger et Wheelwright, *J. für prak. Chem.*, 65, 1902, p. 127.

(1) J. N. Goodier, *Phil. Mag.*, 22, 1936, p. 678.

sous forme logarithmique :

$$\log_{10}\left(\frac{a}{h} - 1\right) = \log_{10}\frac{Pt}{3} - \log_{10}\eta.$$

En portant en ordonnée les valeurs successives de $\log_{10}(a/h - 1)$ correspondant à des temps croissants t, et en abscisse les valeurs de $\log_{10} Pt/3$, on doit obtenir des points alignés sur une droite de pente unité.

La déformation des obsidiennes et des rétinites, donc de roches essentiellement vitreuses obéit à la loi précédente. La figure 1 montre les résultats obtenus pour une obsidienne d'Erivan à 904 et 979°C (donc au-dessus du point de transformation de ce verre qui est de 700° C (²). Pour chaque température les points expérimentaux sont bien groupés sur une droite de pente unité, et conformément à la théorie, on trouve la même droite pour des essais effectués sous des compressions différentes.

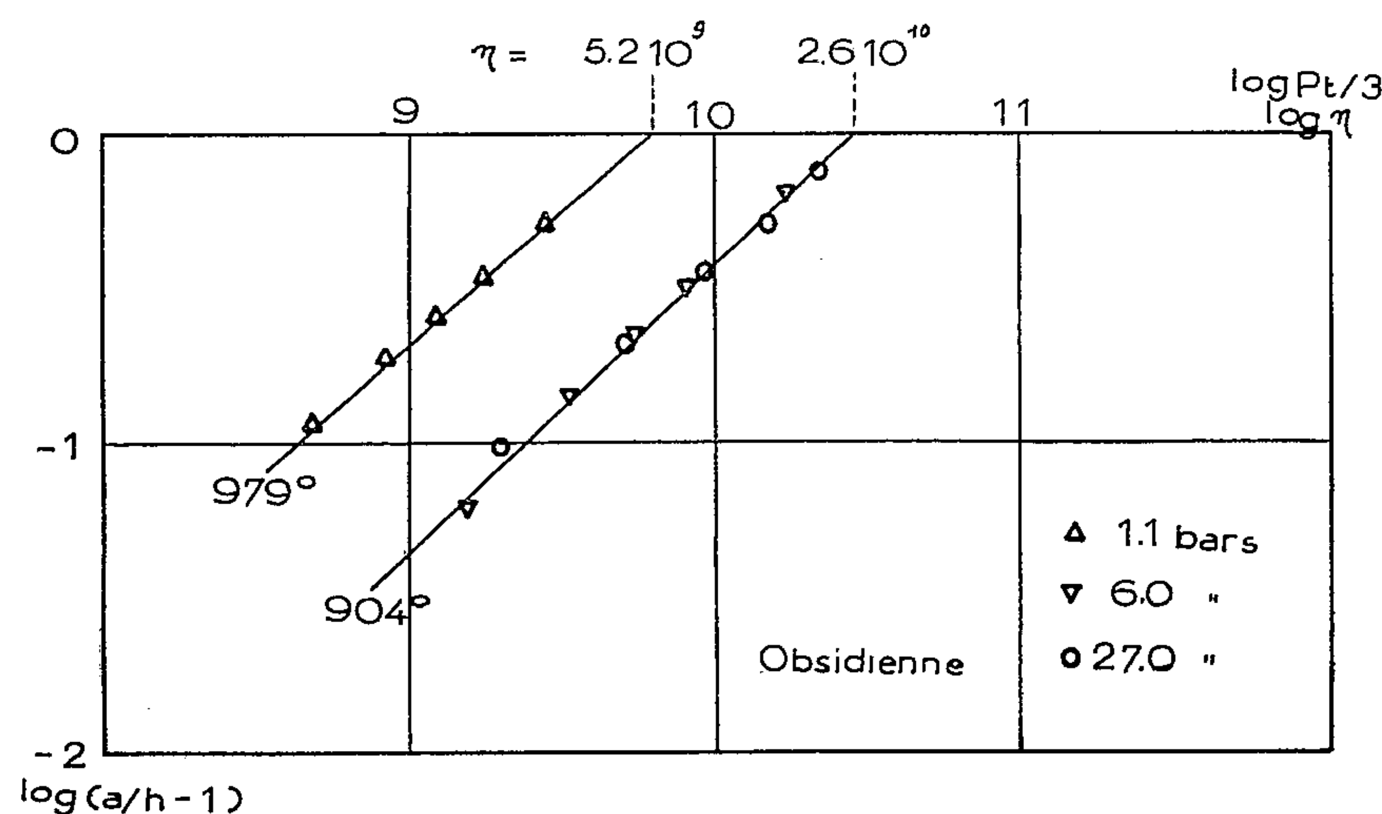


Fig. 1.

Ces expériences fournissent un moyen de mesurer, en valeur absolue, la viscosité de ces roches qu'il suffit de lire directement sur le graphique; c'est en effet l'abscisse du point de la droite pour lequel l'ordonnée est nulle ($h = a/2$). Pour l'obsidienne d'Erivan on trouve ainsi $2,6.10^{10}$ poises à 904° C, et $5,2.10^{9}$ à 979° C.

On peut utiliser le même mode de représentation pour des mesures effectuées sur des roches partiellement fondues à la température de l'expérience, et formant une pâte semi-cristalline analogue au magma en voie de cristallisation. Nous prendrons pour exemple la déformation d'un trachyte à 1060°C, température à laquelle il contient encore beaucoup de microlites d'orthose (*fig.* 2).

(²) H. Saucier, *Bull. Soc. Fr. Min. Crist.*, 75, 1952, p. 254.

Les points expérimentaux correspondant à des essais effectués sous une compression donnée s'alignent encore sur des droites, mais de pentes plus petites que l'unité, et variables avec l'effort exercé. La déformation de ce magma n'est donc plus purement visqueuse; on peut seulement lui attribuer une « viscosité apparente » définie comme la viscosité d'un corps dont l'écoulement serait newtonien, et qui placé dans les mêmes conditions que la roche, atteindrait le même degré de déformation, dans le même temps. En prenant comme point de comparaison une déformation telle que $h=a/2$, on voit que la viscosité apparente du trachyte de la figure 2 passe de $3{,}3.10^{12}$ à 2.10^{12} poises lorsque la pression exercée varie de 4,7 à 46 bars; sous des efforts croissants la fluidité de la roche augmente donc rapidement.

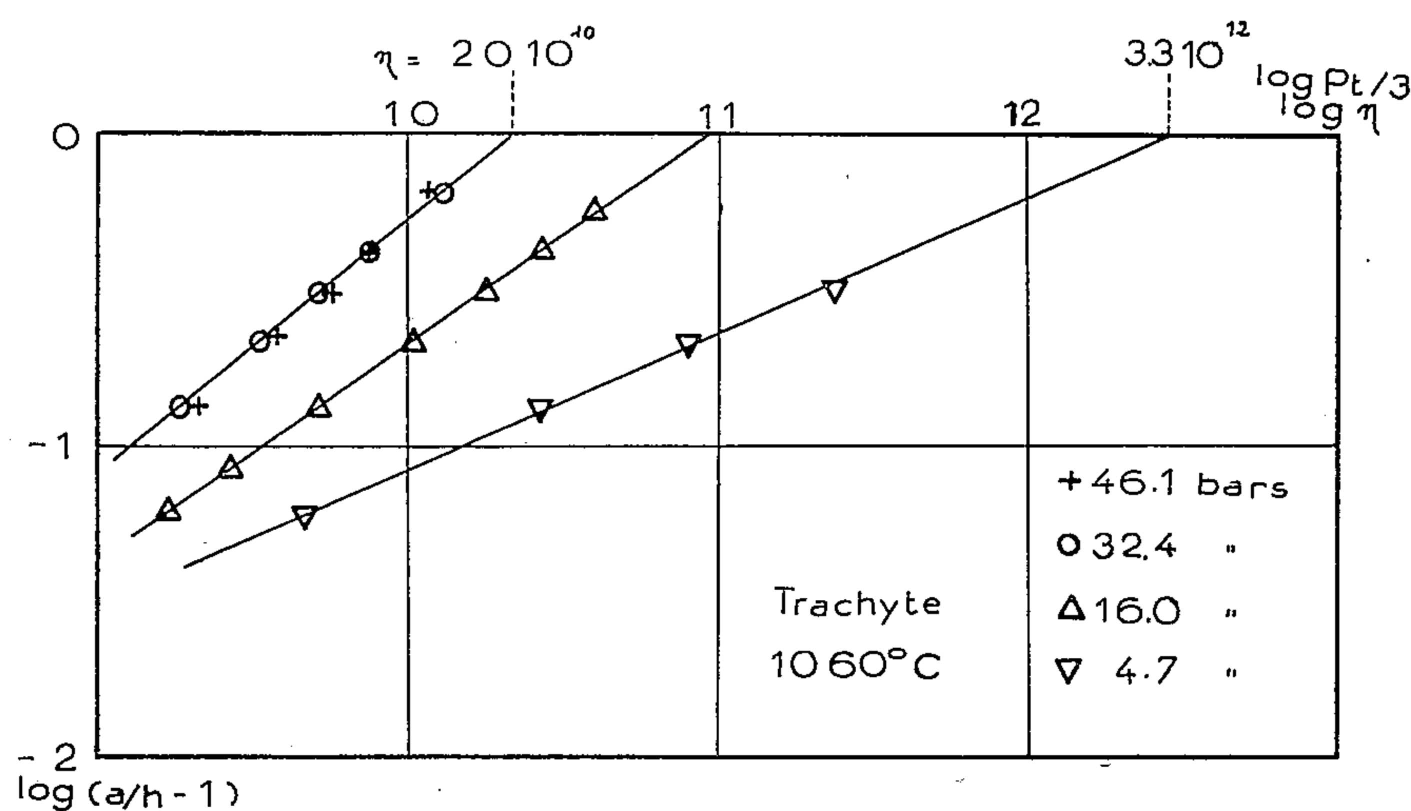


Fig. 2.

De plus, pour des efforts élevés, la pente de la droite représentant les mesures tend vers l'unité, et il y a groupement des points expérimentaux autour d'une droite unique indépendante de la valeur de la compression; sous des efforts élevés, la déformation de la roche se rapproche donc d'un écoulement purement visqueux.

En résumé, ces expériences montrent que la viscosité des roches vitreuses, à haute température, est une grandeur bien définie, et elles fournissent un moyen de la mesurer. Les valeurs obtenues sont en bon accord avec celles trouvées antérieurement par une méthode très différente ([2]). Dans le cas d'un magma semi-cristallin on ne peut déterminer qu'une viscosité apparente diminuant rapidement lorsqu'augmentent les efforts exercés sur la roche; mais sous des contraintes élevées, le comportement du magma se rapproche de celui d'un véritable liquide.

GÉOLOGIE. — *Sur des observations qui permettent d'écarter, sauf peut-être dans des cas exceptionnels, l'hypothèse d'une intrusion magmatique, au cours de la genèse des massifs de granite.* Note (*) de M. **André Demay**, présentée par M. Pierre Pruvost.

La notion d'intrusion du granite dans les terrains antérieurs, à la manière d'une lave, apparaît en Géologie, avec Hutton, en 1785. Plus tard, elle a été combattue par une partie de l'École française. Pourtant, elle est encore admise aujourd'hui par beaucoup de pétrographes pour certains granites, parfois pour presque tous les granites, et a même trouvé un renouveau dans les discussions récentes sur la genèse du granite. C'est ainsi que plusieurs géologues, partisans, en accord avec MM. René Perrin et Marcel Roubault, d'une genèse *métasomatique* du granite, par des cristallisations en milieu solide, et naturellement hostiles à l'hypothèse d'une intrusion pour les granites métasomatiques (sauf diapirisme solide), l'acceptent, à l'état de *magma* ou de *migma* (purée de cristaux dans un liquide), pour les granites auxquels ils attribuent une origine magmatique par fusion secondaire accessoire.

D'après mes observations, dans la genèse d'un massif de granite, l'*intrusion d'un magma granitique est un fait inexistant ou tout à fait exceptionnel.*

Dans ce sens, les premières observations sont dues à Delesse d'abord, mais surtout à Ch. Barrois pour le granite de la région de Menez-Belair et pour d'autres granites bretons et à A. Lacroix pour les granites pyrénéens. Ces géologues ont montré que les granites n'ont jamais déplacé les roches encaissantes, que les enclaves, petites ou grandes, dans le massif, sont exactement dans le prolongement des mêmes strates, hors du massif, et n'ont même pas été basculées, gardant leur direction et leur pendage.

J'ai fait personnellement beaucoup d'observations dans le même sens. Voici quelques exemples : le granite à muscovite et biotite (granulite au sens français) de Planfoy au Sud de Saint-Étienne (Loire), granite postectonique par rapport aux mouvements tangentiels du complexe tectonique des Cévennes septentrionales, ne dérange absolument pas les zones lithologiques et structurales de ce complexe, dont les surfaces de séparation ont une faible inclinaison; dans le Cantal, un petit dyke granitique de 30 m de puissance n'a exercé aucune action mécanique sur les micaschistes au milieu desquels il a pris place; le massif granitique de la Margeride, dans le Massif Central, le plus grand massif supercrustal de France, n'a provoqué aucune torsion ni déplacement dans des micaschistes feuilletés, souvent très déformables, qui l'encaissent.

(*) Séance du 17 octobre 1955.

Je citerai encore les observations récentes de M. Pierre Pruvost sur le granite de Rostrenen en Bretagne, dans une Note en collaboration avec M[me] E. Jérémine (1). A l'Est de Glomel, une enclave des grès dévoniens de Landevennec est dans le prolongement exact de la bande gréseuse, hors du massif, dont la puissance est seulement de 80 m. Comme le pendage est moyen (45 à 50°), on a la certitude qu'il n'y a eu aucun déplacement des grès au cours de la formation du massif granitique. Une faille, abaissant le grès armoricain, a contribué, sur un point, à la localisation du granite. Mais elle est antérieure à celui-ci (P. Pruvost, *loc. cit.*, *fig.* 1).

La théorie du « Magmatic stopping » exclut l'intrusion magmatique, mais admet l'enfoncement de fragments du toit ou des épontes dans le magma. Pour ma part, je n'ai jamais observé un déplacement appréciable des enclaves. L'aspect chaotique résulte, à mon sens, de la granitisation irrégulière des roches du toit, commandée souvent par la schistosité ou par des diaclases et qui isole des fragments ou de grands blocs dans le granite.

M. René Perrin a présenté récemment, en septembre 1955, au Colloque international de Pétrographie de Nancy, en son nom et au nom de M. Marcel Roubault, des observations sur des « *enclaves dites déplacées* » et montré, dans tous les cas étudiés, qu'*il y a seulement apparence de déplacement.* Au cours de la discussion, j'ai présenté moi-même des remarques dans le même sens.

H. Cloos et, après lui, d'autres géologues ont cherché dans des observations sur la structure du granite, en particulier dans l'orientation des traînées cristallines inhomogènes (= *Schlieren*), et des *porphyroblastes* des granites porphyroïdes, la preuve de l'intrusion mécanique du magma. J'indiquerai dans une publication ultérieure *les objections, à mon sens décisives, que l'on peut opposer à une telle interprétation.*

Des déplacements magmatiques ont pu avoir lieu pour de petits filons d'aplite, de microgranite et de pegmatite, mais certainement pas pour tous.

D'après une étude récente de M. J. A. Noble (2), des signes d'intrusion mécanique ont été observés pour des dykes de rhyolite, mais n'apparaissent pas de manière satisfaisante pour des massifs granitiques.

Pourtant, il convient de se garder d'une conclusion trop absolue. Pour certains granites, en particulier ceux, s'il en existe réellement, qui auraient atteint la surface du globe, en cristallisant partiellement sous forme de microgranite et de rhyolite, un déplacement magmatique a dû se produire. *Mais ce phénomène, comme l'a noté H. Cloos lui-même* (3), *semble inexistant ou très rare.* Dans le cas, que j'ai décrit en 1937 et 1941, du granite de

(1) *Bull. Serv. Carte Géol. Fr.*, 53, 1955, pl. I.
(2) *J. Geology*, 60, 1952, p. 34.
(3) *Das Batholitenproblem*, Berlin, 1923, p. 11.

Châteauneuf-les-Bains, où il y a liaison chimique, minéralogique et lithologique étroite de granite, aplite, microgranite, rhyolite, les rhyolites sont un peu postérieures au granite et le granite ne montre aucun signe d'intrusion mécanique.

Sauf peut-être dans des cas exceptionnels, on peut conclure qu'il n'y a pas eu intrusion mécanique d'un magma au cours de la genèse des massifs de granite.

GÉOLOGIE. — *Sur le permocarbonifère des Pennides.*

Note (*) de M. **André Amstutz**, présentée par M. Pierre Pruvost.

Dans la zone hercynienne reprise par l'orogénèse alpine, le volcanisme permocarbonifère a sans doute eu beaucoup plus d'importance qu'on ne le supposait jusqu'à présent; car il appert maintenant que la plupart sinon la totalité des gneiss albitiques des Alpes occidentales dérivent de roches volcaniques postorogéniques, et il est déjà bien établi que ces gneiss sont extrêmement répandus dans les niveaux vraisembablement permocarbonifères des zones Saint-Bernard, Mont-Rose et Sesia. On s'égarait en les attribuant à un métamorphisme allochimique, à une albitisation régionale dérivant de venues sodiques, alpines ou hercyniennes.

De la zone Sesia à la zone Saint-Bernard ces gneiss albitiques sont généralement à grain fin (gneiss minuti) et sont caractérisés par l'existence plus ou moins abondante de muscovite, chlorite avec ou sans biotite résiduelle, épidote et clinozoïsite, sphène, souvent avec grenat et parfois avec horblende actinotique ou glaucophane. Très fréquemment on les trouve en association avec des arkoses, des quartzites et micaschistes contenant parfois des lits graphiteux et des intercalations conglomératiques. Dans les vallées de Cogne et Valsavaranche, et dans le Val Chisone, coexistent des gneiss albitiques qui eux ne sont pas à grain fin et qui ont déjà été reconnus par Novaresse comme dérivant de granodiorites intrusives probablement carbonifères.

A mon sens, tous ou presque tous les gneiss albitiques à grain fin précédents dérivent de roches rhyodacitiques, dacitiques ou andésitiques, en majeure partie des tufs, et, bien entendu, de tous les produits d'altération, de remaniement et de mélange que peuvent donner des tufs. Et je me base pour cette conclusion sur la parfaite convergence des six groupes de raisons suivantes, raisons d'ordre chimique, minéralogique, lithologique, paléogéographique et tectonique :

1. La composition chimique qu'indiquent approximativement la paragénèse et les proportions des minéraux de la plupart de ces gneiss, correspond tout a

(*) Séance du 3 octobre 1955.

fait à ce que doit normalement devenir, dans des conditions méso- ou épizonales qui ont prévalu là, une gamme de roches comprises entre des rhyolites ou rhyodacites et des andésites; car il faut bien se dire que dans la diaphtorèse épizonale une partie importante de la potasse peut être délavée, entraînée par les circulations aqueuses.

2. Les minéraux originels de telles roches, dans ces conditions méso- ou épizonales, doivent normalement évoluer comme suit : la sanidine donne de la muscovite, de l'albite et du quartz; l'oligoclase ou l'andésine, de l'albite généralement poeciloblastique et de l'épidote, clinozoïsite ou zoisite; la biotite, la hornblende originelle et l'augite éventuelle, de la chlorite et accessoirement de l'épidote, de la hornblende actinotique et du glaucophane (celui-ci accaparant le sodium et l'aluminium de l'albite et autres éléments, et résultant vraisemblablement d'une recristallisation à faible température mais hautes pressions créées par des stress, des compressions locales). Or, ce sont précisément des paragénèses de ce genre que présentent la plupart de ces gneiss ; comme ce sont aussi les paragénèses des ex-tonalites de Cogne et Valsavaranche.

3. Les intercalations quartziteuses et micaschisteuses, parfois conglomératiques ou graphiteuses, que l'on observe dans ces gneiss albitiques, et au microscope et sur le terrain, montrent bien qu'il ne peut s'agir là d'albitisation allochimique régionale, et montrent aussi les conditions continentales qui prévalaient lors de cette activité volcanique.

4. Ces masses penniques d'origine volcanique, dont on ne connaissait pas du tout l'importance jusqu'à présent, se disposent évidemment fort bien entre les éruptions porphyriques des Alpes méridionales, les Roffnaporphyres, les bésimaudites, les quartzporphyres du Mont-Blanc, les laves et tufs glaronais, les andésites du Guil, etc. Elles correspondent, selon l'expression de Stille, à un « volcanisme subséquent » et dérivent manifestement des magmas granodioritiques engendrés par la fusion de parties profondes du Sial lors de la tectogénèse hercynienne, à la fin du Dévonien ou au début du Carbonifère.

5. Le morcellement d'ophiolites vraisemblablement alpines et la dispersion extrême des fragments que j'ai observés dans des gneiss albitiques en divers endroits de la nappe Emilius, montrent bien aussi qu'à l'origine les roches encaissantes de ces intrusions basaltiques étaient des tufs. Car une telle dispersion, un tel éparpillement ne peut guère s'expliquer autrement que par le milieu ambiant peu cohérent, relativement fragile, que devaient constituer des

(1) Pendant la surrection qui a fait suite à cette tectogénèse, alors que l'érosion agissait sur des zones fortement surélevées et les décapait intensément, ces magmas se sont vraisemblablement maintenus comme tels pendant des temps très longs, les parties profondes d'un orogène d'aussi grande envergure ne pouvant évidemment se refroidir que très lentement; et il est plus que probable que tout au long de leur existence ces magmas ont trouvé des exutoires dans les distensions qu'ont dû continuellement provoquer, dans les parties supérieures de l'orogène, les ajustements isostatiques consécutifs à l'érosion.

tufs avant leur consolidation par le métamorphisme alpin, les dykes ou sills basaltiques devant se briser et se disséminer facilement en de menus fragments dès les premiers diastrophismes, dans de telles roches encaissantes.

6. Enfin, les blocs rejetés et les projections de lave que j'ai trouvés dans les gneiss albitiques du cirque de Grauson, dans le Val d'Aoste, s'ajoutent encore à la convergence des faits précédents. L'espace manque ici pour indiquer leurs particularités, mais on les trouvera dans un travail que j'ai fait paraître récemment (²) et dans l'étude détaillée d'un de ces blocs qu'a faite A. Rittmann.

Tels sont les six groupes de raisons qui me font considérer la plupart des gneiss albitiques des Alpes occidentales comme des roches monométamorphiques dérivant directement d'éruptions permocarbonifères ou provenant du remaniement des tufs qui devaient être prédominants dans ces éruptions. Un volcanisme rhyodacitique permocarbonifère intense est donc le phénomène essentiel, la caractéristique principale de la « couverture postorogénique hercynienne » dans la zone pennique.

GÉOLOGIE. — *Le volcanisme de l'Ahaggar dans le cadre du volcanisme africain.* Note de M. **Pierre Bellair**, présentée par M. Pierre Pruvost.

Comparé aux volcanismes du fossé Mer Rouge-Grands Lacs et de la gouttière syrtique, celui de l'Ahaggar présente des traits spéciaux : bombement du socle, indigence des coulées, caractère explosif, réajustement isostatique non terminé, traits qu'on retrouve partiellement dans le volcanisme italien, terminaison ultime de la chambre tibestosyrtique.

Un report précis sur une carte d'Afrique des affleurements de roches volcaniques tertiaires et quaternaires fait apparaître, dans le Nord du continent, trois zones subméridiennes de localisation. La première va du fond du golfe de Guinée aux épanchements septentrionaux de l'Ahaggar. Sa longueur ne dépasse pas 2 500 km et sa largeur 5 à 600 km. La deuxième va du Darfour à la côte tripolitaine, par les pointements de l'Ennedi, les grosses masses du Tibesti, du Haruj et du Soda, le massif de Garian; il est vraisemblable que cette unité dépasse le continent africain au Nord, jalonnée par Pantellaria et la Sicile, pour venir se terminer au Nord du volcan Lazial en Italie. Sa longueur est de 3 500 km et sa largeur du même ordre que la précédente. La troisième déborde en Asie jusqu'au-delà du golfe d'Alexandrette et comprend les énormes épanchements arabico-abyssins, pour se poursuivre au Sud par les fossés de l'Est africain : c'est un des traits majeurs du volcanisme de la planète.

(²) *Archives des sciences*, 7, 1954, p. 463 et Rittmann, *Bulletin volcanologique*, 17, 1955, p. 3.

Les deux premières ont une orientation légèrement Nord-Ouest-Sud-Est, sensiblement parallèle à l'axe de la Mer Rouge, et ceci ne saurait être l'effet du hasard. Ces caractères et l'absence *quasi totale* de volcanisme cénozoïque africain en dehors de ces zones (à part quelques pointements liés aux chaînes maugrébines) amènent à la conception de réservoirs magmatiques allongés, sensiblement parallèles, d'une longueur de 3 à 4 000 km, et dont la mise en place ne doit pas être très ancienne, au plus jurassique ou crétacée : ils sont quasi perpendiculaires au système alpin pris dans son ensemble, et accidentent le tréfonds sialique africain de trois zones faibles méridiennes. De cette faiblesse, des preuves apparaissent en surface, indépendamment des épanchements : les deux zones orientales correspondent à des fossés plus ou moins instables, fait évident pour la ligne Liban-Mer Rouge-Grands Lacs, mais également sensible pour le Haruj, installé sur l'emplacement de la gouttière Syrte-Tibesti envahie par la mer au début du Tertiaire.

Il n'en va pas de même de la zone occidentale, la seule dont on puisse voir la terminaison septentrionale sans qu'il y ait interaction de plissements tertiaires importants : elle présente la remarquable singularité de se terminer à l'intérieur d'un continent massif, induré dès le Cambrien, et arasé.

Le volcanisme ahaggarien, comparé à celui de la gouttière syrtique, apparaît comme indigent : la surface couverte est inférieure aux seules nappes basaltiques du Haruj. Les appareils, surtout sur la périphérie, sont souvent minuscules, n'ayant donné que des coulées insignifiantes, voire seulement un médiocre cône de projection. L'Atakor lui-même, pour important qu'il soit (et il en va de même pour l'Edjéré et sans doute l'Adrar Ajjer) ne donne pas l'impression massive des coulées tripolitaines, ni en surface, ni en volume.

Le caractère de fonctionnement très temporaire de la majorité des appareils d'émission, déjà noté par P. Bordet ([1]), est également frappant. Pour le même auteur, le volcanisme de l'Atakor est synchronique d'un bombement du socle. Cela paraît certain, et l'on peut même concevoir que l'existence au Nord de la Dorsale saharienne, accident perpendiculaire aux plis de l'Atlas saharien, trahit la terminaison de ce gonflement du socle, bien qu'on n'y ait jamais signalé de manifestations volcaniques. La découverte par P. Birot et J. Dresch ([2]) d'une faille active Nord-Sud à Amguid montre que le réajustement dû à l'intrusion n'est pas terminé. Le rajeunissement du relief et les anomalies magnétiques sont des conséquences directes.

([1]) *XIX*[e] *Congrès International*, Alger, 1952, *Monographies régionales*, n° 11.

([2]) *C. R. som. Soc. Géol. Fr.*, séance du 6 juin 1955.

L'intrusion basique, sans doute pourtant importante, mais intervenue dans un vieux socle épais insuffisamment distendu, est restée en profondeur, sans épanchements majeurs en surface : mais malgré ce caractère abortif, la contamination du magma basique par le socle granitique hypersodique a provoqué des éruptions explosives généralisées : bubons phonolitiques et dislocations des coulées basaltiques antérieures (difficiles à expliquer par une simple érosion).

Il est remarquable de constater que la terminaison ultime probable aux environs de Rome de la chambre tibesto-syrtique montre des phénomènes très comparables : explosions violentes, laves visqueuses peu abondantes, fonctionnement temporaire des édifices, mais avec des laves moins sodiques.

Entre les deux grandes lignes majeures méridiennes du volcanisme de l'Ancien Monde, Axe Atlantique et Bordure Africaine, des accidents mineurs de même orientation affectent le cœur du massif ancien africain. La coïncidence d'alignement avec certaines directions de la tectonique antécambrienne montre qu'il s'agit là d'un trait permanent du socle africain, pourtant resté en sommeil plus de 500 millions d'années. Sans doute ce socle était-il plus épais à l'Ouest qu'à l'Est, et ce fait a commandé les caractères différents de ces trois chambres volcaniques africaines. C'est toutefois à l'échelle du continent africain qu'il faut juger le caractère du volcanisme ahaggarien, relativement indigent malgré la présence d'un matériel simaïque peut-être comparable à celui des chambres orientales. Il reste, même en surface, largement comparable aux traînées volcaniques méridiennes européennes, elles-mêmes restreintes par rapport au volcanisme du Nord des Iles Britanniques.

PALÉONTOLOGIE. — *Les fusions d'os exosquelettiques (dermiques) chez les Stégocéphales.* Note de M. **Jean-Pierre Lehman**, présentée par M. Charles Jacob.

L'auteur décrit un cas de fragmentation osseuse remarquable du toit cranien d'un Benthosuchidé de Madagascar et étudie les conséquences paléontologiques des phénomènes de fusion et de fragmentation chez les Stégocéphales.

On connaît chez les Poissons de nombreux exemples de fusion ou de fragmentation d'os exosquelettiques de la tête. Mais les cas de fusion osseuse d'os dermiques semblaient par contre être très rares chez les Stégocéphales : Bystrow [1] avait montré que chez *Dvinosaurus* le postorbitaire était en réalité un postorbitointertemporal car il présente deux

[1] *Acta Zoologica*, 19, *fig.* 14 D.

centres de radiation indépendants; de même chez *Branchiosaurus amblystomus*, Heyler [*voir* Lehman (²)] avait observé la fusion probable du tabulaire et du supratemporal. Cependant les cas de fragmentation ou de fusion osseuse doivent vraisemblablement être plus fréquents qu'on ne l'estimait chez les Stégocéphales, comme le montre un toit cranien d'un des Benthosuchidés du Trias inférieur de Madagascar que j'étudie actuellement. Ce crâne présente en effet un certain nombre d'os surnuméraires :

1° l'un (*Ipa*) est situé sur la ligne médiane du crâne entre les parties postérieures des pariétaux et les parties antérieures des postpariétaux (voir *figure*);

2° un autre se trouve entre le nasal et le préfrontal gauches;

3° trois très petits os de plus sont visibles entre les prémaxillaires et les nasaux.

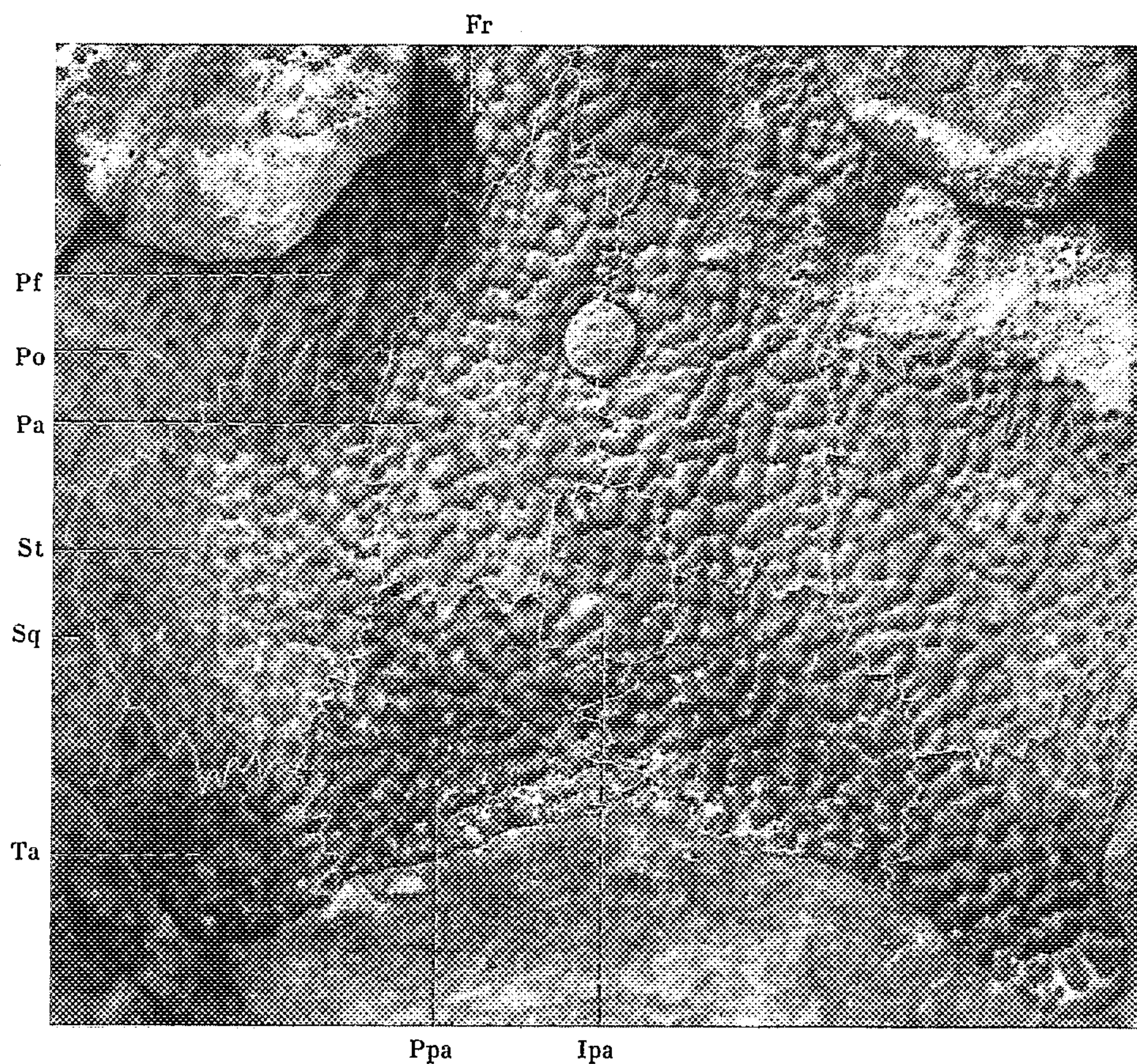


Fig. — Partie postérieure du toit cranien d'un Benthosuchidé de l'Éotrias de Madagascar (× 2 environ). *Fr*, frontal; *Ipa*, os surnuméraire; *Pa*, pariétal; *Pf*, postfrontal; *Po*, postorbitaire; *Ppa*, postpariétal; *Sq*, squamosal; *St*, supratemporal; *Ta*, tabulaire.

(²) J. Piveteau, *Traité de Paléontologie*, 5, p. 234, *fig.* 10.

Des fusions d'os dermiques doivent donc avoir eu lieu chez les Stégocéphales; il résulte de ce fait certaines conséquences.

1° On a souvent considéré l'existence d'un intertemporal indépendant comme un caractère archaïque chez les Stégocéphales; il semble en réalité qu'en raison des fusions éventuelles ce caractère systématique ait une valeur discutable; ainsi chez *Edops*, l'intertemporal n'était présent que d'un côté du crâne [Romer et Witter (3)].

2° Le composant osseux *Ipa* montre que l'on peut retrouver chez les Stégocéphales la trace d'une série médiane antéropostérieure d'os dermiques; cette série disparaît en général soit par suite de fusion, soit par suite du développement de séries primitivement plus latérales; certains autres os médians impairs montrent qu'elle devait exister chez les ancêtres des Stégocéphales (postpariétal d'*Ichthyostega*, présence d'un interfrontal médian impair chez *Eryops* et *Osteophorus*, d'un internasal impair chez *Baphetes* et *Ichthyostega*, etc.) : on la connaît d'ailleurs chez les Crossoptérygiens Ostéolépiformes [Jarvik (4)].

3° L'indépendance du composant *Ipa* est surtout intéressante au sujet du problème des homologies des os du toit cranien des Crossoptérygiens Rhipidistides et des Stégocéphales; on sait que le toit cranien des Stégocéphales n'est pas directement comparable à celui des Ostéolépiformes et que, si lors du passage de la vie aquatique à la vie terrestre, la joue, les os du palais et la mandibule n'ont subi dans l'ensemble que de légères modifications, le toit cranien par contre s'est complètement transformé.

Trois théories cherchent à rendre compte de cette évolution :

1° Théorie de Säve-Söderbergh (5); ce savant a admis que l'os pair, ordinairement appelé pariétal chez les Stégocéphales et qui, chez *Ichthyostega* par exemple, entourait l'orifice pinéal, était en fait un pariétofrontal homologue à la partie postérieure des frontaux et à la partie antérieure des pariétaux des Ostéolépiformes;

2° Théorie de Westoll (6), (7); le pariétal des Stégocéphales serait homologue au frontal des Ostéolépiformes;

3° Théorie de Jarvik (8); il reste possible que le frontal des Ostéolépiformes soit homologue à celui des Vertébrés supérieurs et de toute façon, selon Jarvik, il est difficile pour l'instant de choisir entre les diverses hypothèses.

On pouvait surtout objecter à la théorie de Säve-Söderbergh qu'on

---

(3) *J. Geol.*, 50, 1942, p. 929, *fig.* 1.

(4) *Kungl. Svensk. Vet. Akad. Handl.*, 25, n° 1, 1948, p. 63, *fig.* 17.

(5) *Medd. om Grönland*, 94, n° 7, 1932, p. 92.

(6) *Nature*, 141, 1938, p. 127.

(7) *Biol. Reviews*, 18, 1943, p. 82.

(8) *Medd. om Grönland*, 114, n° 12, p. 53.

n'avait jamais observé chez les Stégocéphales de fragmentation osseuse dans l'arrière du toit cranien dermique; l'existence du composant *Ipa*, vraisemblablement essentiellement homologue à la partie postérieure médiane des pariétaux des Ostéolépiformes, est un argument en faveur de la théorie de Säve-Söderbergh qui cesse ainsi d'être purement spéculative.

HISTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Étude des modifications histologiques et cytologiques du méristème apical d'*Aster sinensis *L. soumis à diverses photopériodes.* Note de Mme **Arlette Lance**, présentée par M. Roger Heim.

Chez l'*Aster sinensis* à grandes fleurs simples, le jour long favorise le passage au stade préfloral et l'initiation des protubérances florales. Le jour court hâte le développement des ébauches en fleurs épanouies. L'induction photopériodique est matérialisée à l'apex par le début de la dédifférenciation tunicale axiale.

Nous avons précédemment décrit l'évolution, de la graine à l'inflorescence, du méristème apical d'*Aster sinensis* à grandes fleurs simples, cultivé en lumière naturelle. Au cours de son développement nous avons mentionné l'existence de plusieurs phases :

— phase végétative avec un anneau initial fonctionnel et un méristème d'attente inactif;

— phase préflorale marquée par l'activation du méristème d'attente;

— phase florale avec l'initiation des primordiums floraux et leur développement en fleurs épanouies.

Il nous a paru intéressant d'étudier les modifications histologiques et cytologiques du méristème apical soumis à diverses photopériodes.

Les plantes, cultivées en serre, ont toutes reçu 8 h de lumière naturelle. Des photopériodes de différentes durées (12 h, 16 h, jour continu) ont été réalisées par l'emploi d'une lumière d'appoint complémentaire, déversant 500 à 600 lux sur les semis. Des témoins étaient conservés en lumière naturelle. Les différents individus, obtenus à partir d'un même semis, étaient répartis en lots homogènes et soumis aux différentes photopériodes, à des âges divers, au cours d'expériences successives.

Les jours courts (8 h) prolongent la période végétative. L'apex prend ensuite un état intermédiaire entre le stade végétatif et préfloral. Le *corpus* se développe et forme un important massif de petites cellules. La *tunica axiale demeure, par contre, inactive*; elle s'aplatit souvent horizontalement et s'étire sous la pression des nouvelles cellules du *corpus* qu'elle doit contenir. L'anneau initial reste fonctionnel et la plante forme une épaisse rosette de 40 à 45 feuilles. Le chondriome du *corpus*, d'abord homogène, s'allonge peu à peu, tandis que dans la *tunica* axiale, des plastes et des associations linéaires de mitochondries se développent rapidement. Seul, l'anneau initial conserve longtemps des caractères méristématiques.

Si ce traitement est maintenu et si la température ne dépasse pas 25° C, l'apex, faute de trouver les conditions photopériodiques favorables à sa transformation florale, dégénère après s'être différencié (formation de plastes et de vacuoles dans l'anneau initial, diminution de la teneur en acides ribonucléiques).

Ainsi, le *passage au stade préfloral ne peut se faire que si les mitoses atteignent la tunica apicale axiale* : la dédifférenciation tunicale axiale commande l'établissement du stade préfloral. Le rôle du *corpus* dans cette étape du développement *demeure secondaire puisque sa prolifération seule ne suffit pas à assurer ce passage*, décisif pour l'évolution ultérieure de la plante.

Les jours moyens (12 h) retardent aussi l'obtention du stade préfloral. Le stade intermédiaire se prolonge (69 jours), la *tunica* axiale demeurant longtemps inerte. Dès l'apparition de mitoses dans cette région le stade préfloral est atteint; mais il progresse difficilement car la dédifférenciation apicale se fait très lentement. Durant cette période, les feuilles formées deviennent longues et étroites, et leurs dents, moins nombreuses et plus aiguës. Tandis qu'à l'apex les soubassements foliaires se réduisent, sur la tige les entrenœuds se raccourcissent. Le passage des feuilles aux bractées se fait par des organes dont les caractères évoluent, peu à peu, de ceux des feuilles à ceux des bractées. Ces organes, nombreux sous les jours moyens (ce fait semblant aller de pair avec la difficulté de progression du stade préfloral à ses débuts), apparaissent aussi sous les photopériodes longues, mais en nombre plus restreint; leur initiation cesse lorsque la dédifférenciation apicale est complète. De vraies bractées, non dentées, se forment alors, tandis que le manchon méristématique, bientôt édifié, construit les protubérances florales.

Les jours longs (16 h ou jour continu) favorisent le passage au stade préfloral. Le stade intermédiaire, très court (10 jours environ) est aussitôt suivi par l'activation du méristème d'attente. La dédifférenciation apicale est d'autant plus rapide que la photopériode est plus longue. L'optimum n'est atteint qu'avec l'éclairement continu. Les protubérances florales apparaissent bientôt sur le manchon méristématique rapidement construit.

Nous avons envisagé jusqu'ici l'action du photopériodisme sur le passage au stade préfloral et sur l'initiation consécutive des protubérances florales. Mais les facteurs photopériodiques favorables au développement de ces protubérances ne sont pas les mêmes que ceux qui activent leur initiation.

Des expériences préliminaires nous avaient montré que le stade floral se prolongeait souvent pendant deux mois sous les jours longs ou continus et semblait plus court sous les jours moyens. Pour vérifier ce fait nous avons cultivé des Asters de Chine, en jours longs, et les avons répartis ensuite, sous diverses photopériodes, soit dès le stade préfloral, soit dès le stade floral.

Après l'acquisition du stade préfloral, en jours longs, le maintien des jours longs favorise le passage au stade floral, mais retarde le développement des fleurs. Les ébauches ont, au début de leur formation, un chondriome peu homogène, avec de petits plastes, les vacuoles sont nombreuses. Les ligules développées en jours longs sont étroites et longues.

Le retour aux jours moyens ou courts, après le passage au stade préfloral en jours longs, retarde le passage au stade floral, avec un maximum pour 8 h de lumière quotidienne. Par contre, après le passage au stade floral, une telle photopériode accélère le développement des ébauches florales déjà formées. Ces dernières, à croissance rapide, ont constamment un chondriome homogène. Dans l'inflorescence épanouie, les ligules des fleurs femelles sont larges et assez courtes. Ainsi, le processus de méristématisation apicale, une fois déclenché par les jours longs, peut être retardé, mais non arrêté par une photopériode désormais défavorable à sa progression.

En conclusion, chez *Aster sinensis*, deux conditions lumineuses différentes, appliquées à deux étapes successives du développement de la plante, favorisent l'obtention d'une floraison précoce.

L'induction photopériodique est matérialisée à l'apex par le début de la dédifférenciation tunicale axiale. Cette dédifférenciation, décisive pour l'évolution de la plante, commande le passage à l'état floral.

La photopériode reçue durant la croissance des ébauches florales détermine la forme des fleurs ligulées femelles.

BOTANIQUE. — *Étude phyllotaxique d'un lot de 200 plants d'*Helianthus annuus *L. cultivés en serre*. Note de Mme **Madeleine Codaccioni**, présentée par M. Roger Heim.

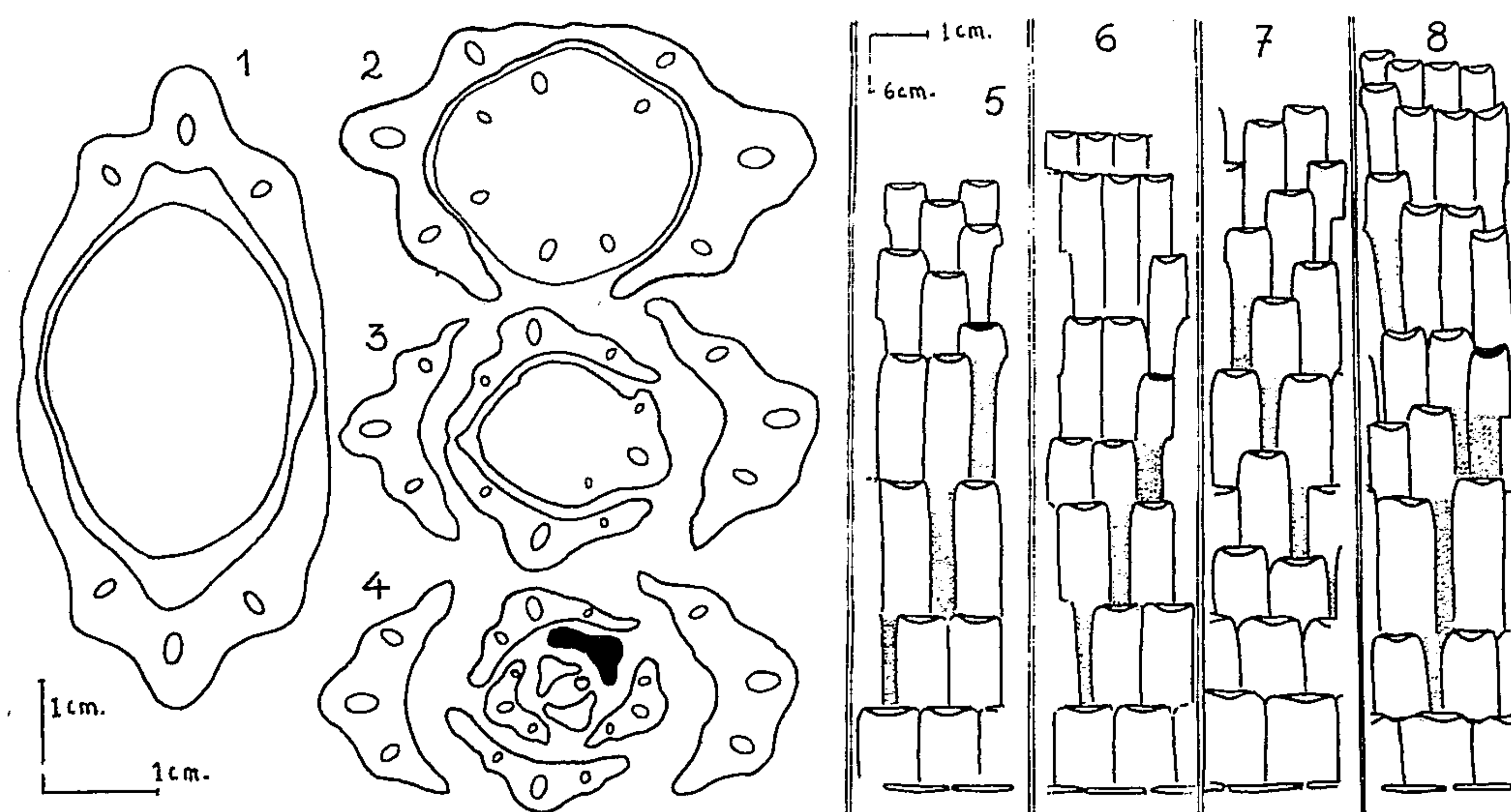
La phyllotaxie d'*Helianthus annuus* L. montre de façon constante une disposition initiale opposée décussée faisant place plus ou moins vite à une disposition alterne, ou plus rarement à une disposition verticillée par trois.

Tous les plants d'*Helianthus annuus* L. perdent plus ou moins tôt avant la floraison la disposition opposée décussée qui leur est primitive.

Lorsque la disposition est opposée décussée, le fonctionnement de la quasi totalité de l'anneau initial détermine à chaque verticille la présence de segments foliaires très larges qui, se rejoignant par leurs bords, occupent entièrement le pourtour de la tige (*fig.* 1).

La première perturbation, dans cette disposition opposée décussée, consiste en un écartement des deux formations foliaires d'un même verticille. Il se réalise ainsi un intersegment (espace compris entre deux segments foliaires à la surface de la tige). Les feuilles du verticille ne sont plus

opposées, bien qu'insérées au même niveau; d'un côté elles sont accolées, de l'autre elles sont séparées par l'intersegment (*fig.* 2). On dit qu'elles sont bijuguées. Ceci se produit tantôt à partir du deuxième verticille au-dessus des cotylédons (25 % des cas étudiés), tantôt à partir du troisième verticille (43 %), tantôt à partir du quatrième verticille (25 %), et rarement à partir du cinquième (8 cas observés sur 200 plants).



Coupes transversales d'une même plante à des niveaux différents :

Fig. 1. Premier verticille au-dessus des cotylédons : feuilles opposées. — Fig. 2. Deuxième verticille : feuilles bijuguées, présence d'un intersegment. — Fig. 3. Sur le troisième verticille, l'intersegment est plus large. — Fig. 4. Au-dessus du point végétatif deux feuilles appartiennent à la nouvelle hélice; la première est figurée en noir.

*Développement dans un plan de quelques tiges d'*Helianthus annuus :

Apparition d'une troisième hélice foliaire : Fig. 5. — Disposition alterne. — Fig. 6. Disposition verticillée par trois. — Fig. 7. Fonctionnement des deux hélices foliaires accolées; disposition alterne. — Fig. 8. Apparitions successives de deux hélices foliaires. (Les intersegments sont figurés en pointillé.)

Deux ou trois verticilles successifs ont fréquemment une telle disposition (cf. *fig.* 2 et 3). Les intersegments présents sur ces verticilles dessinent sur la tige une zone hélicoïdale qui montre l'existence et le sens d'enroulement des hélices foliaires.

Les faits précédemment décrits sont généraux pour le lot étudié, mais se produisent plus ou moins tôt avant la floraison.

Parfois il arrive que l'intersegment ne soit visible que sur un seul verticille; dans ce cas on ne possède aucune indication du sens d'enroulement des hélices foliaires.

Lorsque l'intersegment est visible sur plusieurs verticilles, il est souvent de largeur croissante et peut atteindre la moitié de la largeur d'un segment

foliaire. Il dépasse rarement cette taille. On observe alors une formation foliaire supplémentaire produite par la région de l'anneau initial correspondant à l'intersegment du dernier verticille (*fig.* 5). Cette formation est la première production d'un nouvel et troisième centre générateur. Les trois hélices foliaires sont à ce niveau souvent décalées et le sens d'enroulement peut être inversé (*fig.* 4). Les trois centres fonctionnent rarement de façon synchrone pour donner des verticilles de trois feuilles (*fig.* 6), le plus souvent les feuilles des trois hélices apparaissent isolément, la disposition est alterne, et il n'y a généralement plus d'intersegment.

Lorsque la largeur de l'intersegment ne varie pas, on n'observe pas de formation supplémentaire. Les deux hélices restent accolées, mais au décalage dans l'espace correspondant à l'intersegment, s'ajoute un décalage dans le temps et les feuilles sont insérées isolément sur la tige (*fig.* 7).

L'augmentation du nombre des hélices foliaires peut continuer suivant le même procédé et aboutir au fonctionnement de quatre centres générateurs; ceci se produit juste avant la floraison (*fig.* 8).

Conclusions. — La rotation de la position de l'intersegment croissant indique clairement le sens d'enroulement des deux hélices foliaires de la base.

Un troisième centre générateur fonctionne seulement lorsque l'intersegment a atteint une largeur supérieure ou égale à la moitié de la largeur d'un segment foliaire du verticille. Lorsque la zone de l'anneau initial, correspondant aux intersegments croissants, atteint une dimension suffisante, elle donne, souvent en décalage par rapport aux verticilles normaux, une formation foliaire, première production d'un nouveau centre générateur.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Sur les flavane-diols des cultures de tissus végétaux.*

Note de M. **Lucien Cronenberger**, Mlle **Colette Vallet**, MM. **Georges Netien** et **Charles Mentzer**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Les tissus de vigne-vierge (*Parthenocissus tricuspidata* Planch.), cultivés *in vitro* selon la méthode de R. J. Gautheret, sont capables d'élaborer du tétrahydroxy-5.7.3'.4' flavane-diol-3.4 (leucocyanidine) en partant d'un milieu dépourvu de constituants benzopyroniques.

Au cours de ses recherches sur les tissus végétaux cultivés *in vitro*, R. J. Gautheret [1] a observé à maintes reprises l'apparition d'une coloration rouge qu'il a attribuée à la présence d'anthocyanes. D'autre part, Heller [2] a montré qu'un milieu carencé en azote était particulièrement

(1) *Rev. Gén. Bot.*, 62, 1955, p. 89.

(2) *C. R. Soc. Biol.*, 142, 1948, p. 768-770.

apte à l'élaboration de tels pigments. Cependant, jusqu'ici, ni la nature chimique des colorants susceptibles d'être synthétisés par une culture de tissus, ni leur mode de formation n'avaient été élucidés. Au cours de nos recherches dans ce domaine, nous avons tout d'abord procédé à la détection et à l'identification des flavane-diols-3.4 (leucoanthocyanes) qui peuvent être considérés comme des précurseurs à la fois des dérivés flavoniques et des pigments anthocyaniques. L'expérience a porté sur une souche de vigne-vierge (*Parthenocissus tricuspidata* Planch.), originaire du laboratoire de R. J. Gautheret et cultivée selon les indications de Heller (2).

Vingt grammes de tissus provenant de 12 cultures âgées d'un mois ont été triturés au mortier puis épuisés au bain-marie bouillant par 100 cm^3, puis 70 cm^3 et enfin 50 cm^3 d'acide chlorhydrique normal, la durée de chaque épuisement étant d'environ 30 mn. Dans ces conditions et conformément à ce qui avait déjà été signalé par R. Robinson (3), les flavane-diols présents dans le milieu sont transformés en pigments anthocyaniques. Le liquide obtenu a été tout d'abord extrait à l'éther (4), puis au butanol normal qui dissout le colorant rouge. La solution butanolique a été concentrée très rapidement sous vide à 40° et le résidu soumis à la chromatographie sur papier selon la technique de Bate-Smith (5). Deux taches peuvent ainsi être mises en évidence : la première, très faible, pourrait être due à la delphinidine [Rf = 0,4 dans le solvant A (6) et 0,3 dans le solvant B (7)], mais sa nature n'a pas encore été prouvée d'une façon certaine. La deuxième tache par contre est beaucoup plus importante et correspond à la présence de cyanidine (Rf = 0,80 dans le solvant A et 0,5 dans le solvant B). Les seuls résultats de la chromatographie, même dans deux systèmes de solvants différents, ne suffisent cependant pas à identifier de tels pigments. Nous avons donc soumis la totalité de l'extrait butanolique, après dissolution dans quelques gouttes d'alcool absolu, à un partage sur carton de Schleicher et Schull (épaisseur, 1 mm). Dans ce cas, la zone correspondant à la cyanidine a été éluée par l'alcool et la solution obtenue soumise à la spectrophotométrie différentielle (8), selon la méthode proposée par Bottomley (9) : le maximum d'absorption normalement situé à 545 mμ se déplace à 565 mμ en présence de chlorure d'aluminium à 0,2 %. Un tel déplacement est caractéristique de la cyanidine alors que

(3) G. M. Robinson et R. Robinson, *Biochem. J.*, 27, 1933, p. 206.

(4) Ce solvant élimine des dérivés flavoniques jaunes et d'autres pigments présentant une fluorescence bleue aux rayons ultraviolets.

(5) *J. Exp. Bot.*, 4, 1953, p. 1-9.

(6) Butanol *n* + HCl 2 N (50:50).

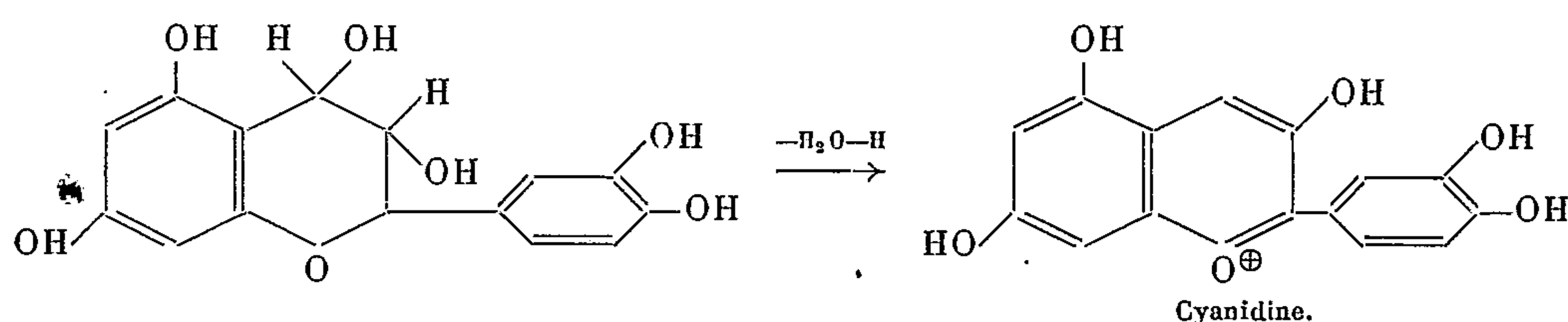
(7) $H_2O + CH_3COOH + HCl$ conc. (10:30:3).

(8) Au moyen d'un spectrophotomètre de Beckman, modèle DU.

(9) *Chem. and Ind.*, 1954, p. 516-517.

d'autres anthocyanes pouvant avoir le même spectre et le même Rf subissent, dans ces conditions, des modifications spectrales différentes (9).

Il est ainsi bien démontré que les cultures de tissus de vigne-vierge sont aptes à synthétiser des flavane-diols, et tout particulièrement du tétrahydroxy-5.7.3'.4' flavane-diol-3.4 qui peut être considéré comme le précurseur du colorant anthocyanique susceptible d'apparaître dans ces tissus (10) :



Cyanidine.

Ces résultats semblent indiquer en outre que la biogénèse des constituants flavoniques doit pouvoir s'effectuer d'une façon indépendante du phénomène de la photosynthèse, en partant d'un milieu dépourvu de molécules benzopyroniques.

BOTANIQUE. — *Action à distance de l'acide 2.4-dichlorophénoxyacétique sur le fonctionnement des bourgeons du Lin.* Note de M. **Philippe Levacher**, présentée par M. Roger Heim.

L'action à distance de l'acide 2.4-dichlorophénoxyacétique (2.4-D) se manifeste par un ralentissement ou une inhibition de la croissance, et, moins souvent, par la production d'anomalies morphologiques.

L. Plantefol (1) a récemment décrit et analysé des anomalies morphologiques (feuilles à plusieurs pointes, lames foliaires, cornets foliaires, adhérences foliaires) apparues dans des champs de Lin après pulvérisation d'acide 2.4-dichlorophénoxyacétique. Après avoir reproduit expérimentalement toutes ces malformations, par traitement de bourgeons terminaux de pieds de Lin poussant en serre, il nous a paru intéressant de rechercher la possibilité d'une action à distance de l'hormone, loin de son point d'application, sur le fonctionnement des bourgeons du *Linum usitatissimum* L. — action déjà signalée, pour certaines espèces, par plusieurs auteurs (2).

(10) Des travaux très récents de F. O. Steward semblent indiquer que des substances de ce type peuvent jouer le rôle de facteur de croissance vis-à-vis de certaines cultures de tissus (L. J. Audus, *Nature*, 176, 1955, p. 530).

(1) *Comptes rendus*, 235, 1952, p. 386 et 812.

(2) Gifford Jr., *Hilgardia*, 21, 1953, p. 607; Mc Ilrath et Ergle, *Bot. Gaz.*, 114, 1953, p. 461.

Nous avons envisagé d'une part les réactions du bourgeon terminal, d'autre part les réactions des bourgeons cotylédonaires. Les bourgeons cotylédonaires se sont développés lorsque le bourgeon terminal était soit sectionné, soit lésé par l'application d'une solution de concentration assez forte, c'est-à-dire égale ou supérieure à 10^{-3} Toutefois il convient de remarquer que même la concentration 10^{-4}, cependant non létale pour un bourgeon terminal de tige adulte, s'est révélée inhibitrice lorsque déposée sur les bourgeons terminaux de très jeunes plantes (les cotylédons et 2 à 4 feuilles étalés). Une telle différence de sensibilité entre les stades jeunes et les stades plus âgés a été déjà mentionnée pour quelques espèces ([3]).

C'est le sel de sodium de l'acide 2.4-dichlorophénoxyacétique qui a été utilisé, tantôt en solution aqueuse, tantôt en émulsion dans de la lanoline (0,5 mg de sel par gramme d'émulsion).

Plusieurs expériences ont été entreprises :

A. *Action sur le bourgeon terminal de la tige.* — L'hormone est déposée : 1° sur une feuille de la tige, en solution aqueuse de concentration 10^{-4}; 2° sur un cotylédon, dans la pâte de lanoline.

B. *Action sur les bourgeons cotylédonaires.* — L'hormone est déposée : 1° sur une feuille de la tige ou sur un cotylédon, dans la pâte de lanoline, après section du bourgeon terminal; 2° sur le bourgeon terminal, en solution aqueuse 10^{-4}, le bourgeon étant sectionné après 1, 2, 3, 4 ou 5 jours; 3° sur le bourgeon terminal, en solution aqueuse 10^{-2} qui, lésant le point végétatif, provoque le développement des bourgeons cotylédonaires.

On a considéré les modifications apportées par la substance de croissance d'une part au rythme de production des feuilles, d'autre part à la morphogénèse.

I. Action sur le rythme de production des feuilles. — L'introduction du sel dans la plante a provoqué un *ralentissement dans la croissance* des bourgeons, évaluée, pour une population donnée, d'après le nombre moyen de feuilles étalées sur la tige sous le bourgeon terminal. Ce ralentissement se manifeste, de façon statistique, dans toutes les expériences, pour le bourgeon terminal et les bourgeons cotylédonaires, et quel qu'ait été le mode d'application.

On remarque, pour les bourgeons cotylédonaires, que le ralentissement de la croissance augmente avec la concentration de la solution aqueuse utilisée (ainsi il est plus grand dans l'expérience B_3 que dans l'expérience B_2) et qu'il dépend aussi, dans l'expérience B_1, du bourgeon cotylédonaire considéré : le ralentissement est beaucoup plus net pour le

([3]) Mc Ilrath et Ergle, *ibid.*; Dunham, p. 195 in *Plant growth substances*, edited by Folke Skoog, University of Wisconsin Press, 1951.

bourgeon du cotylédon traité. En outre celui-ci, dans plus de la moitié des cas, a été complètement inhibé.

II. ACTION SUR LA MORPHOGÉNÈSE. — Dans tous les cas, des *réponses morphologiques*, de même nature que celles produites habituellement par dépôt d'une solution aqueuse sur le bourgeon terminal, ont été observées, indiquant une propagation de l'action depuis le point d'application jusqu'au bourgeon réagissant. On note seulement des variations dans les proportions des bourgeons ayant réagi morphologiquement, qui sont :

Dans les expériences A..........	10 %
Dans chacune des expériences B..........	50 %

De plus, dans l'expérience B_2, les réactions n'apparaissent que lorsque la section a été faite à partir du troisième jour, et, dès lors, dans une proportion de 50 %. Un certain temps est donc nécessaire pour que se fasse l'absorption de la substance, et pour que son action stimulante ne soit pas supprimée en même temps que le bourgeon terminal.

Ainsi, quel que soit le mode d'application, l'action à distance de l'acide 2.4-dichlorophénoxyacétique sur le fonctionnement des bourgeons terminaux et cotylédonaires du Lin se manifeste par : 1° un ralentissement et parfois une inhibition de la croissance; 2° la production d'anomalies morphologiques qui témoignent d'une propagation de l'action par voie acropète dans les bourgeons et, dans la tige par voie tantôt acropète, tantôt basipète. Il convient de signaler que ces deux sortes de réactions se révèlent, l'une par rapport à l'autre, relativement indépendantes : ainsi, dans l'expérience B_1, par exemple, les bourgeons des cotylédons traités quand ils continuent leur développement montrent, quoique leurs rameaux aient beaucoup moins de feuilles que ceux des autres bourgeons, la même proportion (50 %) d'anomalies. Il ne semble donc pas y avoir de relation entre l'intensité du ralentissement de croissance, au reste beaucoup plus fréquent, et la production d'anomalies morphologiques.

PHYSIOLOGIE. — *Études sur la pénétration du fer dans les globules rouges* in vitro. Note (*) de MM. **MICHEL BOIRON**, **CLAUDE PAOLETTI** et **MAURICE TUBIANA**, présentée par M. Léon Binet.

Les protéines métallofixatrices du plasma jouent *in vitro* un rôle dans la pénétration du fer à l'intérieur des cellules rouges du sang chez le Lapin saigné, et dans l'incorporation de cet élément à la molécule d'hémoglobine.

La synthèse de l'hémoglobine *in vitro* a été étudiée généralement à l'aide d'acides aminés marqués, plus rarement à l'aide de fer radioactif. Cet isotope

(*) Séance du 17 octobre 1955.

permet cependant de suivre, à partir de différentes combinaisons extraglobulaires, le passage du fer à travers la membrane de l'hématie et son devenir biochimique dans le globule.

Nous nous sommes proposés d'étudier ces deux problèmes en utilisant du sang de lapin enrichi en réticulocytes par saignées successives.

Techniques. — Les globules rouges ont incubé de 2 à 6 h dans un bain-marie à 38°, tantôt dans du plasma, tantôt dans une solution physiologique tamponnée à pH 7,4, composée de solution de Locke, de borate de soude, d'acide borique et d'acide ascorbique. Ce tampon a été mis au point pour permettre l'étude de l'influence des acides aminés.

Le ^{59}Fe (25.10^{-3} μc/cm³ de milieu extracellulaire; activité spécifique de 1,25 à 0,25 mc/mg de Fe^{++}) et le glycocolle $\alpha^{14}C$ (1,5 μc/cm³ de milieu extracellulaire; activité spécifique de 0,55 mc/mg) ont été ajoutés directement au milieu.

Avant incubation, sur une partie aliquote de plasma, la capacité de fixation du fer par les protéines a été déterminée ([1]).

Après incubation, le chlorhydrate d'hémine a été isolé et cristallisé ([2]). Puis on a mesuré la quantité de radiofer de l'hémine avec un compteur à scintillation (Rdt 17 %) et celle de ^{14}C, après minéralisation du pigment en CO_3Ba, grâce à un compteur de Geiger-Müller (Rdt 2,53 % dans les conditions opératoires).

Résultats. — 1° L'influence de certains poisons cellulaires sur la pénétration du fer radioactif dans les globules rouges et sur la synthèse de l'hémine, à partir de ^{59}Fe ou de glycocolle $\alpha^{14}C$, a été étudiée. Le tableau ci-dessous indique les résultats obtenus :

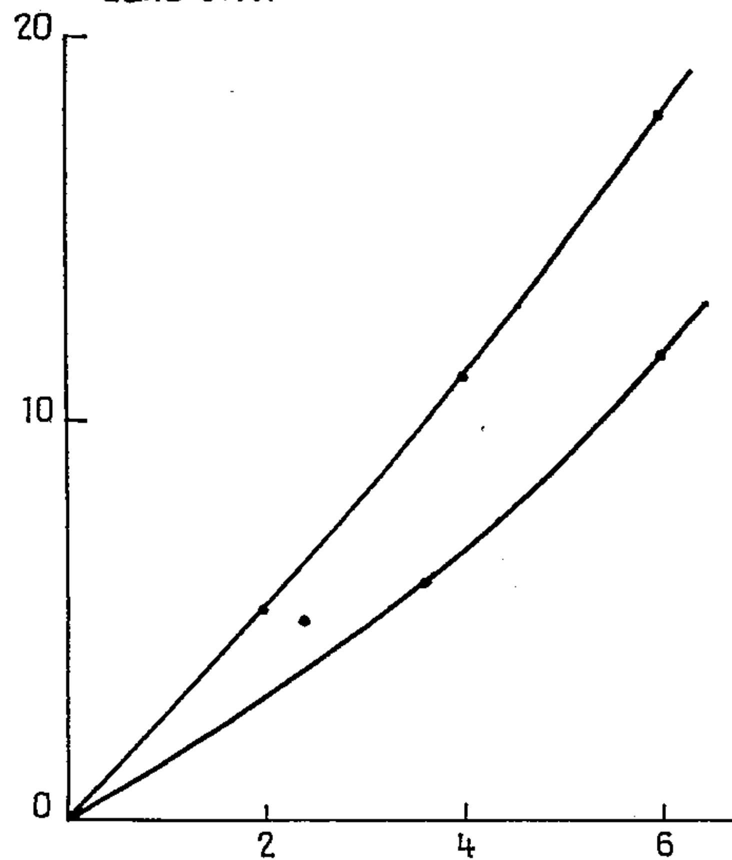
Poison.	Concentration (mM).	Fer radioactif : dans les cellules rouges, témoin = 100.	Fer radioactif : dans l'hémine, témoin = 100.	^{14}C dans l'hémine.
Acide monoiodacétique	1	104	101	109
Azoture de Na	1	85	90	87
Fluorure de Na	8	50	45	45
Arséniate de Na	8	31	29	30
Dinitrophénol	1	32	20,8	32

Dans nos conditions expérimentales, les quantités de fer radioactif globulaire non héminique ont été faibles, sauf après action du dinitrophénol (35 %).

2° Le glycocolle, la valine, l'analine, la tyrosine, l'histidine, le tryptophane, la leucine, l'arginine, l'aspartine, l'isoleucine, la lysine, la sérine, la thréonine, ne modifient pas la pénétration du fer radioactif dans les globules rouges de lapin.

([1]) Feinstein, Béthard et Mac Carthy, *J. Lab. Clin. Med.*, **42**, 1953, p. 907.

([2]) Fisher, *Org. Syntheses*, **21**, 1941, p. 53.



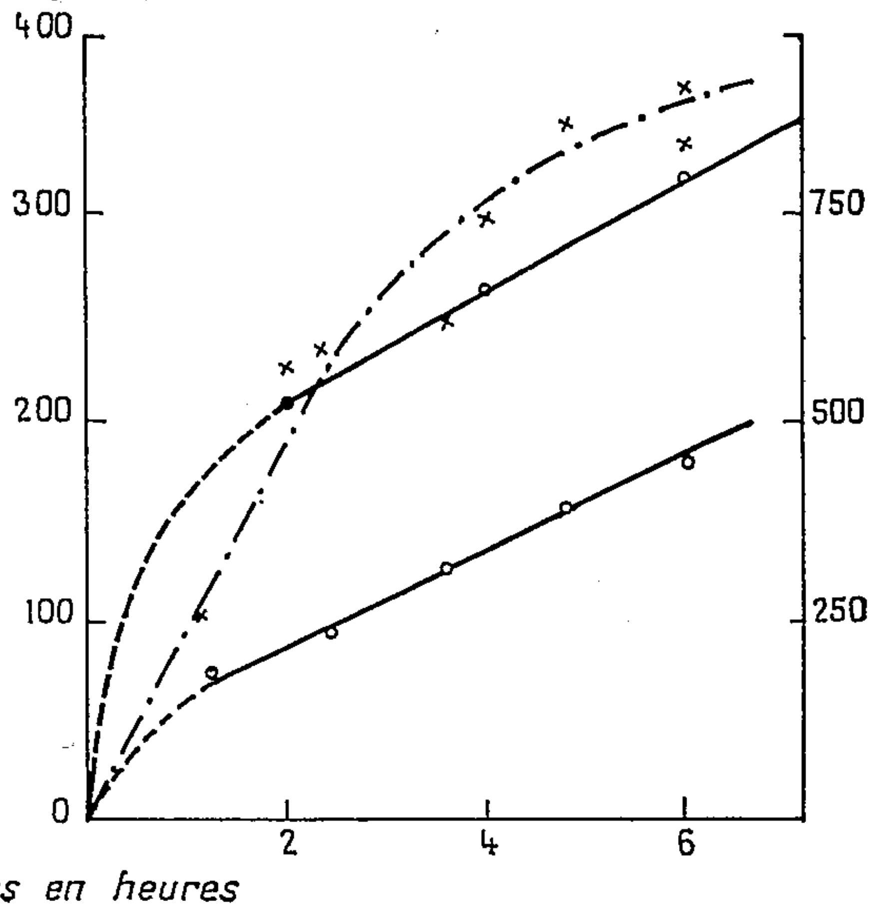
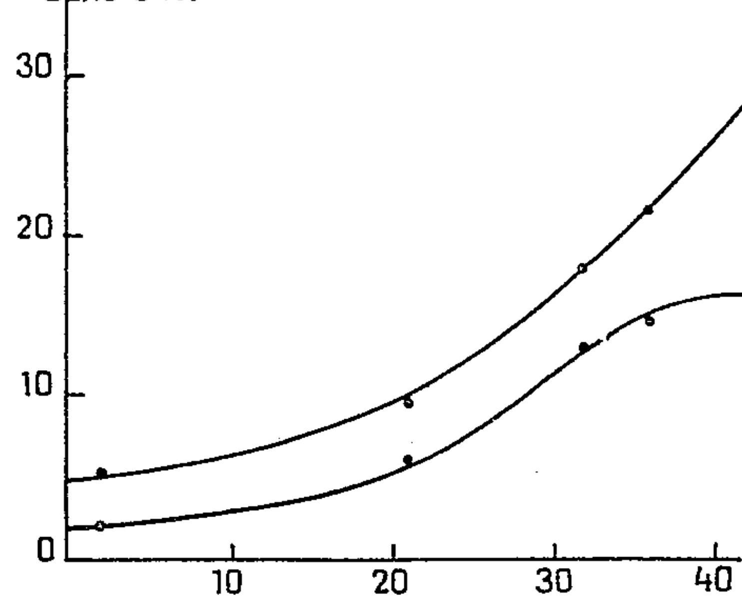


Fig. 1.

Fig. 2.



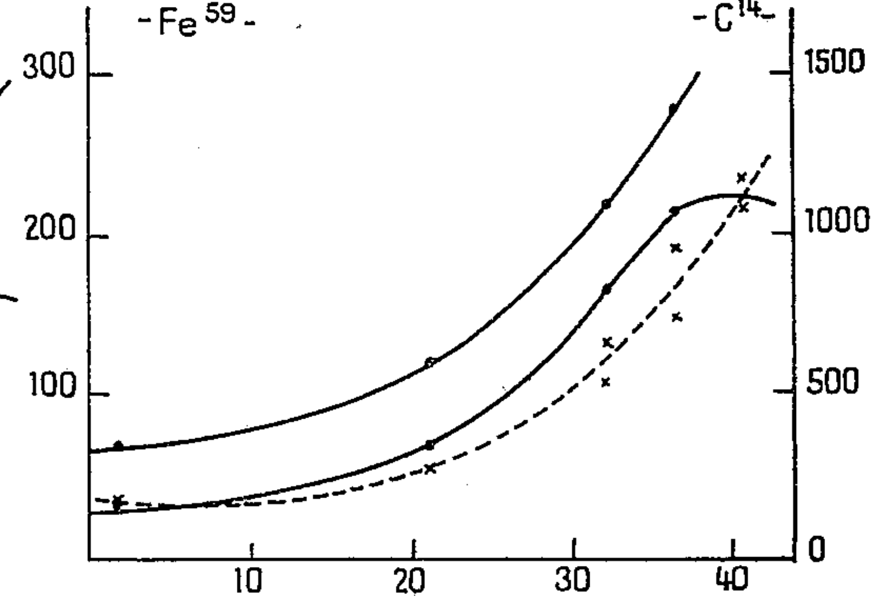


Fig. 3.

Fig. 4.

Fig. 1. — Incorporation de fer radioactif dans les globules rouges en fonction du temps d'incubation.
I. Protéines plasmatiques saturées après addition de ^{59}Fe.
II. Protéines plasmatiques saturées avant addition de ^{59}Fe.

Fig. 2. — Incorporation de fer radioactif dans l'hémine cristallisée en fonction du temps d'incubation.
I. Protéines plasmatiques saturées après addition de ^{59}Fe.
II. Protéines plasmatiques saturées avant addition de ^{59}Fe.
III. Radioactivité due à ^{14}C.

Fig. 3. — Incorporation de fer radioactif dans les globules rouges en fonction de la température (durée d'incubation 4 h).
I. Protéines plasmatiques saturées après addition de ^{59}Fe.
II. Protéines plasmatiques saturées avant addition de ^{59}Fe.

Fig. 4. — Incorporation de fer radioactif dans l'hémine cristallisée en fonction de la température (durée 4 h).
I. Protéines plasmatiques saturées après addition de ^{59}Fe.
II. Protéines plasmatiques saturées avant addition de ^{59}Fe.
III. Radioactivité due à ^{14}C.

3° L'influence de la variation de l'activité spécifique du radiofer dans le milieu extracellulaire a été étudiée. Nos résultats recoupent essentiellement ceux de Jensen et coll. ([3]).

4° Nous avons comparé la vitesse d'incorporation du radiofer dans l'hémine, selon que celui-ci était ajouté au sang ou au plasma avant ou après une quantité importante de fer non radioactif (1 mg pour 100 cm³ de plasma de Fe^{++} dans le tampon borate).

L'incorporation du glycocolle $\alpha^{14}C$ dans l'hémine a vérifié que l'activité synthétique des cellules est la même dans les deux cas.

Les figures ci-avant résument les résultats obtenus en faisant varier la température et la durée de l'incubation.

Discussion. — Chez le Lapin, nous avons vérifié par l'étude autoradiographique d'électrophorèses, que le fer plasmatique (150-200 μg pour 100 cm³) est lié à des β-globulines dont la capacité totale de fixation se situe aux environs de 450 μg pour 100 cm³.

Le radiofer se fixe donc sur les β-globulines quand il est ajouté avant le fer non radioactif; dans le cas contraire, il se trouve en présence de β-globulines complètement saturées.

Nos résultats, en montrant que l'entrée dans les cellules rouges et l'incorporation dans l'hémine sont plus rapides lorsque le radiofer est mis en contact avec des globulines non saturées, suggèrent que les protéines métallofixatrices — plasmatiques ou globulaires — jouent un rôle important dans ces phénomènes.

HISTOPHYSIOLOGIE. — *Particularités histologiques de la glande brune chez* Nucella lapillus (*L.*) (*Gastéropode prosobranche*). Note de Mlle **Micheline Pierson**, présentée par M. Louis Fage.

Description des modifications cytologiques et histochimiques au cours du cycle fonctionnel; mise en évidence, à côté de l'absorption de spermatozoïdes, suivie de digestion intracellulaire, d'une fonction sécrétrice avec élimination des produits de sécrétion dans la lumière glandulaire.

J. Kostitzine ([1]) signale l'existence d'une formation glandulaire particulière, annexée aux voies génitales femelles de la Pourpre; dans un travail ultérieur ([2]), le même auteur décrit cet organe sous le nom de glande brune et montre son intervention dans la digestion des spermatozoïdes.

([3]) W. N. Jensen, H. Ashenbrucker, G. E. Cartwrght et M. M. Wintrobe, *J. Lab. Clin. Med.*, 42, 1953, p. 833.

([1]) *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 585.

([2]) *C. R. Soc. Biologie*, 130, 1939, p. 876.

V. Fretter ([3]), qui semble avoir ignoré ces travaux, le redécrit, sans apporter d'éléments nouveaux par rapport à eux, en envisage l'existence chez d'autres Sténoglosses et propose, pour cette glande, le nom de spermathèque. Ces recherches ne mettent en jeu que les méthodes histologiques dites générales; aussi me paraît-il opportun de rapporter sommairement les notions cytologiques et histochimiques acquises à l'occasion d'une étude d'ensemble de l'appareil génital femelle des Sténoglosses, entreprise sur le conseil de M. Gabe.

La glande brune de la Pourpre est une poche volumineuse qui communique avec le canal ventral de l'utérus. Il s'agit non d'une glande tubuleuse, comme le soutient V. Fretter ([3]), mais d'un sac cloisonné par des villosités. L'épithélium repose sur une basale cyanophile, qui s'insinue dans l'axe des villosités; il est cylindrique, formé de cellules assez étroites, dont la hauteur varie, suivant le stade physiologique, entre 50 et 120 μ.

L'aspect des cellules varie notablement suivant les stades du cycle fonctionnel. Au début de l'activité génitale, lorsque la lumière de la glande est encore vide de spermatozoïdes, les cellules mesurent de 50 à 70 μ de haut; leurs noyaux, ovalaires, sont situés au tiers basal et contiennent un réseau chromatique, fait de mottes assez fines. La partie basale du cytoplasme apparaît homogène après coloration topographique; les techniques mitochondriales y montrent surtout des chondriocontes, dont certains sont assez courts et trapus, alors que d'autres, longs et flexueux, remontent de part et d'autre du noyau. La méthode de Brachet indique la présence de ribonucléines dans les régions basales des cellules. Les deux tiers apicaux du cytoplasme contiennent un certain nombre d'inclusions lipidiques, colorables par le noir Soudan B, ne donnant ni la réaction de Ciaccio, ni celle de Smith-Dietrich; certaines de ces inclusions sont biréfringentes. Entre elles se trouvent des mitochondries et des chondriocontes assez courts. Le pôle apical des cellules est le siège d'une importante accumulation de mitochondries et de chondriocontes très courts. Il n'existe ni ciliature ni plateau strié mais une bordure de cytoplasme indifférencié et sans inclusions. Les cellules sont riches en glycogène, dont la répartition est diffuse. On ne trouve pas d'activité phosphatasique alcaline, mais une activité phosphatasique acide et une activité lipasique modérées.

Dans la glande en pleine activité phagocytaire, la hauteur des cellules atteint ou dépasse 100 μ; les chondriocontes du pôle basal sont moins longs et les ribonucléines pyroninophiles ont pratiquement disparu. Les nucléoles, qui sont homogènes dans les cellules au repos, présentent

([3]) *J. Mar. Biol. Assoc. U. K.*, 25, 1943, p. 173.

une structure très caractéristique : une zone centrale, colorable par la pyronine, est coiffée d'une calotte moins pyroninophile et pourvue d'une forte affinité pour la fuchsine acide; l'ensemble est enrobé d'une croûte de chromatine, fortement feulgen-positive et colorable par le vert de méthyle. Les inclusions lipidiques des régions apicales sont beaucoup plus nombreuses et plus grandes que dans les cellules au repos. On rencontre, en outre, des spermatozoïdes envacuolés; les uns ont conservé leurs affinités tinctoriales et leur forme, les autres, encore feulgen-positifs, ont subi des modifications morphologiques importantes. Cette transformation des spermatozoïdes semble progresser de l'apex vers le tiers basal des cellules. L'activité de la glande brune est marquée, d'autre part, par l'apparition de deux catégories de grains de sécrétion. Certains, situés dans les régions supra-nucléaires, entre les inclusions lipidiques, prennent énergiquement la fuchsine d'Altmann et les autres colorants acides. D'autres, beaucoup plus abondants, sont dépourvus de toute acidophilie, mais donnent fortement la réaction métachromatique et la réaction des mucopolysaccharides acides suivant Hale. Ces deux méthodes leur confèrent un aspect assez particulier : le centre est intensément métachromatique et coloré en bleu par la réaction de Hale, alors que la périphérie prend orthochromatiquement le bleu de toluidine et se colore faiblement par le colorant de fond de la méthode de Hale. Ces granulations sont fortement hotchkiss-positives, caractère histochimique qui persiste après acétylation et incite à admettre la présence de mucoprotides. La plupart des grains de sécrétion de ce type sont localisés dans la région infra-nucléaire des cellules, mais on en rencontre de part et d'autre du noyau, ainsi qu'entre les inclusions lipidiques.

Certains des détails cytologiques, notamment l'aspect du chondriome, sont en accord avec l'existence de phénomènes d'absorption dans les cellules de la glande brune; ces cellules sont, toutefois, dépourvues d'autres caractères de la cellule absorbante, tels que différenciation apicale de type plateau strié et activité phosphatasique alcaline. La réalité de la fonction absorbante des cellules de la glande brune est d'ailleurs attestée par la présence dans les cellules, de spermatozoïdes envacuolés. Mais à côté du rôle phagocytaire, la glande brune possède une fonction sécrétrice. Les particularités nucléaires signalées ci-dessus sont à interpréter dans ce sens; de même, l'apparition de grains de sécrétion dans les cellules représente une traduction morphologique de cette activité glandulaire. La lumière de la glande brune contient, en effet, à côté de spermatozoïdes, dont certains sont morphologiquement normaux et d'autres altérés, des produits pourvus des caractères histochimiques signalés à propos des deux catégories de grains de sécrétion.

HISTOPHYSIOLOGIE. — *Caractères histologiques des cellules neuro-sécrétrices de* Nephthys (*Annélide Polychète*). Note de M. **Robert Clark**, présentée par M. Louis Fage.

Mise en évidence de trois types de cellules neuro-sécrétrices dans le cerveau de 11 espèces de *Nephthys*, description de leur répartition et structure des caractères histologiques des produits de sécrétion et du cycle sécrétoire; celui-ci est continu et non synchrone dans deux types cellulaires, dont le produit, qui semble être un glyco-lipo-protide, se raréfie beaucoup lors de la maturité génitale.

On connaît l'existence de cellules neuro-sécrétrices chez les Néréidiens (1), (2) et chez quelques Polychètes sédentaires (3), mais ces éléments ne semblent pas avoir été étudiés chez les *Nephthyidæ*.

La recherche de cellules neuro-sécrétrices, entreprise dans le cadre d'une étude histologique comparée des centres nerveux chez les *Nephthyidæ*, a été faite chez les espèces suivantes : *N. cæca* Fabr., *N. cæcoides* Hartm., *N. californiensis* Hartm., *N. cirrosa* Ehl., *N. cornuta franciscana* Clark et Jones, *N. ferruginea* Hartm., *N. hombergi* Aud. et M.-Edw., *N. incisa* Malmg., *N. longosetosa* Oerst., *N. picta* Ehl., *N. punctata* Hartm.; elle a donné des résultats positifs dans tous les cas.

Les cellules neuro-sécrétrices des *Nephthyidæ* sont de trois types; les trois existent chez toutes les espèces examinées.

Le type A est représenté par 2 (4 chez *N. californiensis*) cellules situées dans la partie postérieure du cerveau; les axones se dirigent en avant et pénètrent dans le neuropile. Le produit de sécrétion apparaît à la périphérie de la cellule et s'accumule de façon à former une masse compacte, finement granuleuse. Les dimensions de ces cellules sont de 20 sur 40 μ; le noyau sphérique, mesure 7 à 10 μ de diamètre. Le cytoplasme est généralement rempli de grains de sécrétion.

Le type B correspond à des cellules plus petites (15 sur 25 μ) et plus nombreuses; elles siègent également dans la partie postérieure et dorsale du cerveau. Le produit de sécrétion apparaît en plein cytoplasme et s'accumule dans des vacuoles qui peuvent occuper la plus grande partie du corps cellulaire. Les noyaux sont à contours très irréguliers et leur plus grande dimension oscille autour de 10 μ.

Le type C comporte de grandes cellules; on les rencontre d'une part dans la partie ventrale et moyenne du cerveau, d'autre part dans ses parties latérales et moyennes, enfin dans sa partie dorsale et antérieure.

(1) B. Scharrer, *Zool. Anz.*, 113, 1936, p. 299.
(2) K. Schaeffer, *Zool. Anz.*, 125, 1939, p. 195.
(3) L. Arvy, *Bull. Lab. Dinard*, 40, 1954, p. 15.

Le corps cellulaire est presque sphérique, d'environ 40 μ de diamètre; le noyau est ovalaire, son grand diamètre étant de 12 μ. Le produit de sécrétion apparaît dans une zone cytoplasmique basophile et s'accumule dans des vacuoles petites et nombreuses, situées à la périphérie de la cellule. La coalescence des petites vacuoles peut aboutir à la formation d'une grande vacuole unique.

L'étude des affinités tinctoriales et des propriétés histochimiques de ces cellules chez *N. californiensis*, *N. cirrosa* et *N. hombergi* a été faite au Laboratoire d'Anatomie et Histologie comparées de la Sorbonne, sur le conseil de M. Gabe; elle a donné les résultats consignés dans le tableau ci-dessous.

	A.	B.	C.
Fuchsine-paraldéhyde	—	+	+
Hématoxyline chromique	—	+	+
Phloxine	+	—	—
Azan	Rouge	Mauve	Mauve
Hotchkiss-McManus	—	+	+
Lipides ciaccio +	—	+	+
Lipides osmiophiles	—	+	+

La comparaison des préparations traitées par la méthode de Ciaccio et par la fuchsine-paraldéhyde incite à envisager la participation de lipides ciaccio-positifs à la constitution du produit de sécrétion élaboré dans les cellules des types B et C; ce fait est plus net pour les cellules C que pour les cellules B; la constitution glyco-lipo-protidique de ce produit paraît probable.

Les cellules A sont pleines de produit de sécrétion chez presque tous les individus examinés. Quant aux cellules B et C, on peut trouver tous les stades du cycle sécrétoire chez un même individu; quelques cellules seulement sont pleines de produit de sécrétion chez un animal donné. La plus forte déplétion dans les cellules neuro-sécrétrices de type B semble coïncider avec la maturité génitale; l'activité des cellules de type B paraît, elle aussi, réduite chez les individus sexuellement mûrs. La coexistence des divers stades du cycle sécrétoire des cellules B et C chez les individus n'ayant pas atteint la maturité sexuelle fait penser à un fonctionnement continu et non synchrone de ces cellules avant ce stade du cycle évolutif de l'animal. Dans le cas des cellules A, au contraire, le stade le plus fréquemment rencontré est celui de la réplétion maximale en produit de sécrétion. On peut penser que le produit de sécrétion des cellules A n'est libéré que dans des circonstances particulières.

La présence de glucides hotchkiss-positifs dans certaines des cellules neuro-sécrétrices de *Nephthys* est à mettre en parallèle avec les

résultats obtenus par Defretin ([4]) chez les Néréidiens. Une analogie de même ordre existe d'ailleurs en ce qui concerne les autres affinités tinctoriales ([5]). On sait, d'autre part, grâce aux recherches de Durchon ([6]) que le cerveau de certains Néréidiens sécrète des principes inhibiteurs de la maturation génitale ♂ et de l'épitoquie; l'élaboration de ces principes cesse vers la fin du cycle évolutif des Néréidiens. Il y aurait donc lieu de rechercher si la cessation d'activité des cellules B et C de *Nephthys* correspond également à l'arrêt de la sécrétion de principes inhibiteurs.

PALÉONTOLOGIE HUMAINE. — *Quelques traits structuraux d'un jeune néandertalien et leur signification phylétique.* Note (*) de M. **Jean Piveteau**, présentée par M. Charles Jacob.

Pour l'interprétation phylétique de l'Homme de la civilisation moustérienne ou *Homo neandertalensis*, l'étude des individus jeunes est d'une haute importance. Des fouilles entreprises depuis plusieurs années dans la grotte de La Chaise (Charente) m'ont mis en possession de documents éclairant le problème si controversé des affinités de ce type humain.

Une portion de crâne, une mandibule, des dents de lait remarquablement conservées étaient accompagnées de silex taillés définissant l'industrie dite du Moustérien à denticulés. Ces restes fossiles paraissent avoir appartenu à un même individu, âgé d'environ 5 ans. Nous n'étudierons ici que la dentition inférieure de lait (plus exactement la molaire antérieure), la région symphysaire de la mandibule et le lobe frontal.

La première molaire de lait offre, chez l'enfant néandertalien de La Chaise, une complication plus grande, à certains points de vue, que celle de l'enfant moderne. Elle a un contour triangulaire et, si le paraconide a disparu, la *fovea* antérieure, largement ouverte, rappelle le dessin du trigonide primitif. Elle s'éloigne beaucoup plus du type pithécoïde que la dent correspondante d'un jeune *Homo sapiens* et, dans sa morphologie, on chercherait vainement des traits pouvant suggérer un rapprochement avec les grands Singes. Nous avons là un témoignage indirect, corroboré par d'autres documents paléontologiques, de l'indépendance, très anciennement réalisée, des deux séries Hominidés et Pongidés (Chimpanzé, Gorille, Orang).

L'examen de la région symphysaire de la mandibule permet d'évoquer

---

([4]) *Arch. Zool. exp. gén.*, 92, 1955, p. 73.

([5]) M. Gabe, *L'Année biologique*, 30, 1954, p. 5.

([6]) *Ann. Sc. Nat. Zool.*, (11), 14, 1952-1953, p. 117.

(*) Séance du 17 octobre 1955.

le problème de l'histoire paléontologique du menton, une des dispositions les plus tardivement acquises dans la phylogenèse humaine.

Vue sur sa face externe, cette région symphysaire montre un triangle mentonnier élevé, surtout dans sa partie médiane, et bordé latéralement, comme chez un enfant moderne, par deux fosses mentonnières. On observe encore, au niveau de la région alvéolaire, la trace de la suture des deux branches de la mandibule et, à la face inférieure, la région constituée par les osselets mentonniers.

Une dépression (*incurvatio mandibulæ* de Virchow), assez nettement indiquée, sépare le bord alvéolaire de la partie basilaire, annonçant ainsi la formation du deuxième composant du menton, le menton osseux. Une disposition très voisine a été observée sur un enfant moderne âgé de 4 ans environ. Corrélativement, il y a migration antérieure des empreintes digastriques, orientées comme chez l'*Homo sapiens*.

On peut ainsi dégager les principales phases de l'histoire du menton : dans la lignée humaine, il nous apparaît avec le Sinanthrope, où il ne comprend que le triangle mentonnier; sur la mandibule de La Chaise, c'est-à-dire au stade néandertalien, nous voyons s'amorcer, en plus, la dépression qui déterminera la formation du deuxième composant : le menton osseux; celui-ci prendra tout son développement à partir du Paléolithique supérieur, où la structure actuelle se trouvera réalisée.

Considérée sur sa face interne, la mandibule de La Chaise offre également une structure évoluée. L'axe de la symphyse avec le plan alvéolaire est d'environ 80°, chiffre que l'on observe chez les enfants actuels. La face postérieure ne montre point, à son début, l'obliquité (*planum alveolare*) des Néandertaliens adultes de nos pays; elle descend graduellement, avec une courbure régulière, à peu près comme chez un enfant moderne du même âge. Elle ne présente pas de fosse génienne et les apophyses géni offrent une disposition normale.

Il m'a été possible d'obtenir un moulage de la portion de l'encéphale sur lequel le dessin des circonvolutions, semblable à celui d'un enfant moderne, s'imprime avec une parfaite netteté. La caractéristique essentielle de cette pièce est le grand développement et la complication de l'aire préfrontale. Or, une aire préfrontale étendue était considérée jusqu'ici comme un attribut de l'*Homo sapiens*. Elle est en effet réduite et à peu près dépourvue de fissuration sur les encéphales adultes de La Quina et de La Chapelle-aux-Saints; il en est de même sur l'enfant de La Quina, à peine plus âgé que notre spécimen. On peut donc conclure que cette région préfrontale a présenté des variations de grande amplitude chez les Néandertaliens. Et, par là, l'enfant de La Chaise rejoint l'homme moderne.

Nous ne savons pas ce que deviendront ces dispositions de la mandi-

bule et de l'encéphale chez l'homme fait, mais on peut penser que l'adulte qui habitait la grotte de La Chaise n'a guère dû différer du type classique d'occident, tel que nous le font connaître les squelettes de La Chapelle-aux-Saints, de La Quina et de La Ferrassie. Toutefois, si les traits de la forme infantile devaient persister dans l'âge mûr, au moins par la morphologie de la mandibule et le dessin de l'encéphale, l'enfant de La Chaise deviendrait assez semblable à l'homme moderne. Certes, d'autres individus de la nappe néandertalienne, en particulier les formes d'Asie mineure, nous offrent des particularités analogues; mais même chez les représentants les plus régressés de cette nappe, et pour qui la pointe du continent eurasiatique fut sans doute un refuge, on découvre, sous une morphologie archaïque, maints traits communs avec l'*Homo sapiens*. Ainsi s'affirme l'unité humaine.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Régénération postérieure de* Nereis diversicolor *O. F. Müller après irradiation régionale aux rayons* X. Note de Mme **Françoise Stéphan-Dubois**, présentée par M. Maurice Caullery.

Les cellules de régénération chez les Annélides Polychètes ont fait l'objet d'un petit nombre de recherches histologiques; les résultats sont fort divers, parfois contradictoires. Il s'avère nécessaire de reprendre la question sur des bases expérimentales. J'ai choisi comme premier matériel de recherches *Nereis diversicolor* O. F. Müller, dont la régénération postérieure fut étudiée par Nusbaum et Dehorne. Nusbaum (1) voit dans l'ectoderme ancien le matériel de l'épiderme et de presque tout le mésoderme régénérés. Pour Dehorne (2), des cellules cœlomiques mobiles se métamorphosent sur le lieu de la cicatrisation, prennent l'aspect « néoblastique » classique et s'alignent en un épiderme neuf.

Technique. — Chaque ver est isolé dans un cristallisoir avec un peu de schorre où il se terre et dont il se nourrit. Les *Nereis* sans schorre s'embarrassent dans les sécrétions filamenteuses dont elles tapissent normalement leur terrier; or la région amputée est assez fragile pour se nécroser en quelques heures, si elle est immobilisée dans un tel filet.

Les vers sont amputés entre la moitié et les 3/4 postérieurs du corps, puis ils sont irradiés localement suivant la technique qui fut appliquée aux Planaires (3) et aux Oligochètes (4). Les segments proches du niveau d'amputation sont exposés aux rayons X, alors que le reste du ver est protégé

(1) *Z. Wiss. Zool.*, 89, 1908, p. 109-163.
(2) *Arch. Zool. exp.*, 86, 1949-1950, p. 97-102.
(3) E. Wolff et F. Dubois, *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 1387.
(4) F. Stephan-Dubois, *Bull. Biol. Fr. Belg.*, 88, 1954, p. 181-247.

par un écran de plomb. Les cellules irradiées sont incapables de se multiplier; s'il y a régénération, elle ne peut être que le fait de cellules saines ayant migré depuis la région protégée. Les sections et l'irradiation sont faites sous narcose au chlorétone, à la concentration de 0,1 % en eau de mer; les *Nereis* s'immobilisent en quelques minutes. Ils ne réagissent à aucune excitation. Le chlorétone n'empêche pas la fermeture rapide de la plaie et reste si peu toxique qu'il peut être utilisé quotidiennement pour l'examen des régénérats. Les sujets retrouvent leur activité en une dizaine de minutes.

Dans les premières expériences, les vers ont été amputés à vif pour bénéficier de leur pouvoir d'autotomie, mais cette méthode classique me paraît moins profitable que celle des sections sous anesthésie : une incision nette prélude à une régénération régulière et sans nécrose.

Résultats. — Dans la régénération normale (à 18°) il faut environ 10 jours pour que les cirres anaux apparaissent et six semaines pour que le régénérat soit complet (13 segments en moyenne, 20 au maximum).

Les *Nereis* irradiées totalement ne se régénèrent pas, ou reconstituent un court moignon non irrigué qui régresse rapidement. Les irradiations régionales portent sur 1,5 à 10 segments. La durée des expériences est un gros obstacle à leur interprétation. En effet, presque tous les sujets sont des femelles qui cessent de se régénérer dès que leurs œufs envahissent la cavité cœlomique. On ne sait alors si l'inhibition du pouvoir de régénération dépend des conditions expérimentales ou naturelles. Je n'exposerai donc que les résultats obtenus avec des vers immatures ou avec des vers dont les œufs ne se sont développés qu'après un début manifeste de régénération :

Dix et six segments irradiés (4 cas). — Les vers ne se sont pas régénérés.

Quatre et cinq segments irradiés (4 cas). — Un ver ne s'est pas régénéré. Deux autres régénèrent en 6 semaines un court pygidium irrigué mais nu. La régression s'amorce à 9 ou 11 semaines, les nécroses des segments irradiés débutent aussitôt. Le pygidium du quatrième ver possède, à 7 semaines, deux segments vascularisés, deux cirres et l'ébauche d'un parapode. Trois mois et demi après l'irradiation, il meurt, plein d'œufs, sans que son régénérat ait involué et sans nécroses des segments irradiés.

Deux et trois segments irradiés (5 cas). — Les cirres pygidiaux deviennent visibles à partir du 25e jour. A deux mois, les régénérats possèdent deux ou trois paires de parapodes. Deux vers, pleins d'œufs à ce stade, sont restés ainsi quelques semaines avant de mourir. Les trois autres sont fixés pour histologie : le régénérat en pleine morphogenèse, a des parapodes petits mais complets et normaux.

Un segment et demi. — La régénération débute avec un retard de 10 jours sur celle des témoins, retard qui n'est pas rattrapé, mais le régénérat ne diffère en rien de celui d'un témoin.

L'ensemble de ces cas met en évidence une migration d'un matériel de régénération sur quatre segments au moins. L'histologie révèle les poten-

tialités très étendues des cellules mobiles : les régénérats formés par celles-ci possèdent de l'ectoderme, du mésoderme et de l'endoderme sains, en pleine activité mitotique. De plus, on observe des cellules migratrices tout le long de la chaîne nerveuse des derniers segments sains et des segments irradiés : ce sont de gros éléments ayant tous les caractères des néoblastes activés des Oligochètes; comme eux, ils se métamorphosent avant de migrer et se divisent après leur entrée dans le blastème.

En conclusion, la technique des irradiations régionales appliquée aux *Nereis diversicolor* met en évidence des migrations d'éléments mésodermiques qui, comme chez les Oligochètes microdriles, se métamorphosent en gros « néoblastes » avant de se déplacer. Il semble que leur potentialité soit très étendue, sinon totale, comme dans le cas des cellules de régénération des Planaires dulcicoles.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Sur la forme septentrionale du genre* Tigriopus *Norman (Copépodes Harpacticoïdes).* Note de M. **Branko Božić**, présentée par M. Louis Fage.

Les individus provenant de populations de type septentrional ne montrent pas, lors de leurs croisements réciproques, des incompatibilités génétiques appréciables, comme c'est le cas dans les croisements entre souches méridionales.

Quelques essais de croisement réciproque entre souches d'origine suédoise (Lysekil), bretonne (Roscoff), norvégienne (Espegrend) et espagnole (Vigo) ont révélé, d'une manière très nette, qu'il n'y a pas de barrière génétique les séparant les unes des autres, qui serait comparable à celle qui sépare les souches méridionales — atlantiques ou méditerranéennes — habitant des régions géographiques relativement proches ([1]). Tous les croisements réussissent sans difficulté. Tout au plus il pourrait y avoir un léger retard dans le cas où la femelle est méridionale par rapport au mâle. Des croisements plus nombreux seront nécessaires pour pouvoir déceler des éventuelles inégalités dans la valence des femelles. Le cas Norvège-Espagne est particulièrement significatif, étant donné la distance considérable qui sépare les stations d'origine des deux souches; on obtient des descendants adultes à volonté.

D'autre part, j'ai entrepris de vérifier l'existence d'une « variété *northumbriensis* » décrite des côtes anglaises par Mistakidis ([2]) sur du matériel provenant de Dove (Northumberland) et de Port Erin (Isle of Man). D'après cet auteur, les différences morphologiques qui caractériseraient

([1]) *Comptes rendus*, 237, 1953, p. 1568, et 241, 1955, p. 1085.
([2]) *Dove Marine Laboratory Report*, n° 10, 1949, p. 55.

cette « variété » par rapport à la forme décrite par Sars ([3]) portent essentiellement sur l'ornementation des soies des différents appendices, sur l'articulation de la soie terminale dorsale de la furca, ainsi que sur le nombre d'articles de l'exopodite des antennes.

Une étude comparative des échantillons de Dove, Port Erin, Roscoff, Vigo, Espegrend et Lysekil a montré une concordance complète de leurs caractères avec ceux qui, soigneusement étudiés par Mistakidis, devraient être caractéristiques de la présumée « variété » britannique. Contrairement à Sars qui, dans son grand ouvrage, dessina et décrivit quatre articles à l'exopodite de A_2 chez les *Tigriopus* norvégiens, considérant ce nombre d'articles comme caractéristique du genre, je n'ai observé, dans tous les cas étudiés, que trois articles conformément à ce que Mistakidis trouva en Angleterre. Il y a donc eu, sans doute, méprise de la part de Sars, l'observation des antennes étant très délicate et exigeant l'emploi des plus forts grossissements pour l'examen de préparations particulièrement bonnes. La stabilité des caractères morphologiques chez les Copépodes est très grande et le nombre d'articles de l'exopodite de A_2 constitue certainement un caractère des plus importants, dont toute modification aurait une importance d'ordre spécifique. Une « variété » britannique, distincte de la forme scandinave, ne peut être retenue, car ni les hybridations, ni l'étude de la morphologie n'autorisent à considérer le groupe septentrional aussi hétérogène. J'ai seulement constaté une légère variabilité dans l'ornementation des soies de certains appendices, non seulement entre des individus récoltés dans une même station, mais aussi dans une même cuvette. En outre, on observe une variabilité dans la spinulation des pattes natatoires; des propriétés physiologiques, comme la résistance à la dessalure et le rhéotactisme, présenteraient aussi de légères différences suivant le niveau d'où proviennent les souches. Très prochainement je serai en mesure de préciser la portée génétique de ces observations.

GÉNÉTIQUE. — *Sur la fertilité et le schéma des assemblages génétiques des combinaisons hybrides obtenues des croisements entre deux espèces du genre* Gryllus : G. campestris *L.* G. bimaculatus *de Geer*. Note de M[lle] **Germaine Cousin**, présentée par M. Maurice Caullery.

Les croisements réciproques de *G. campestris* (*CC*) et *G. bimaculatus* (*BB*) donnent des hybrides diversement féconds ([1]). La combinaison $CC \times BB$ donne peu de descendance, à l'inverse de la combinaison $BB \times CC$. Les deux

---

([3]) *An account of the Crustacea of Norway*, 5, Bergen, 1911.

([1]) Dans les indicatifs de croisement, la femelle est énoncée la première.

hybrides F_1 *CB* et *BC* se reproduisent à leur tour, d'où des générations F_2 et de rétrocroisements parentaux. Leur fécondité est différente selon les combinaisons génétiques. Un premier classement des " backcross ", basé sur l'association des autosomes spécifiques, — la formule haploïde des deux espèces croisées étant $n = 14$, — donne la succession suivante : 1 *CC*×*CB*, 2 *CC*×*BC*, 3 *CB*×*CC*, 4 *BC*×*CC*; 5 *CB*×*BB*, 6 *BC*×*BB*, 7 *BB*×*CB*, 8 *BB*×*BC*. Ce premier classement, allant du maximum d'autosomes de *G. campestris* d'origine maternelle, puis paternelle, au maximum d'autosomes de *G. bimaculatus* d'origine paternelle puis maternelle, se confond avec le classement basé sur la composition du cytoplasme, sauf pour les n°s 4 et 5 qui, dans ce dernier cas, sont inversés.

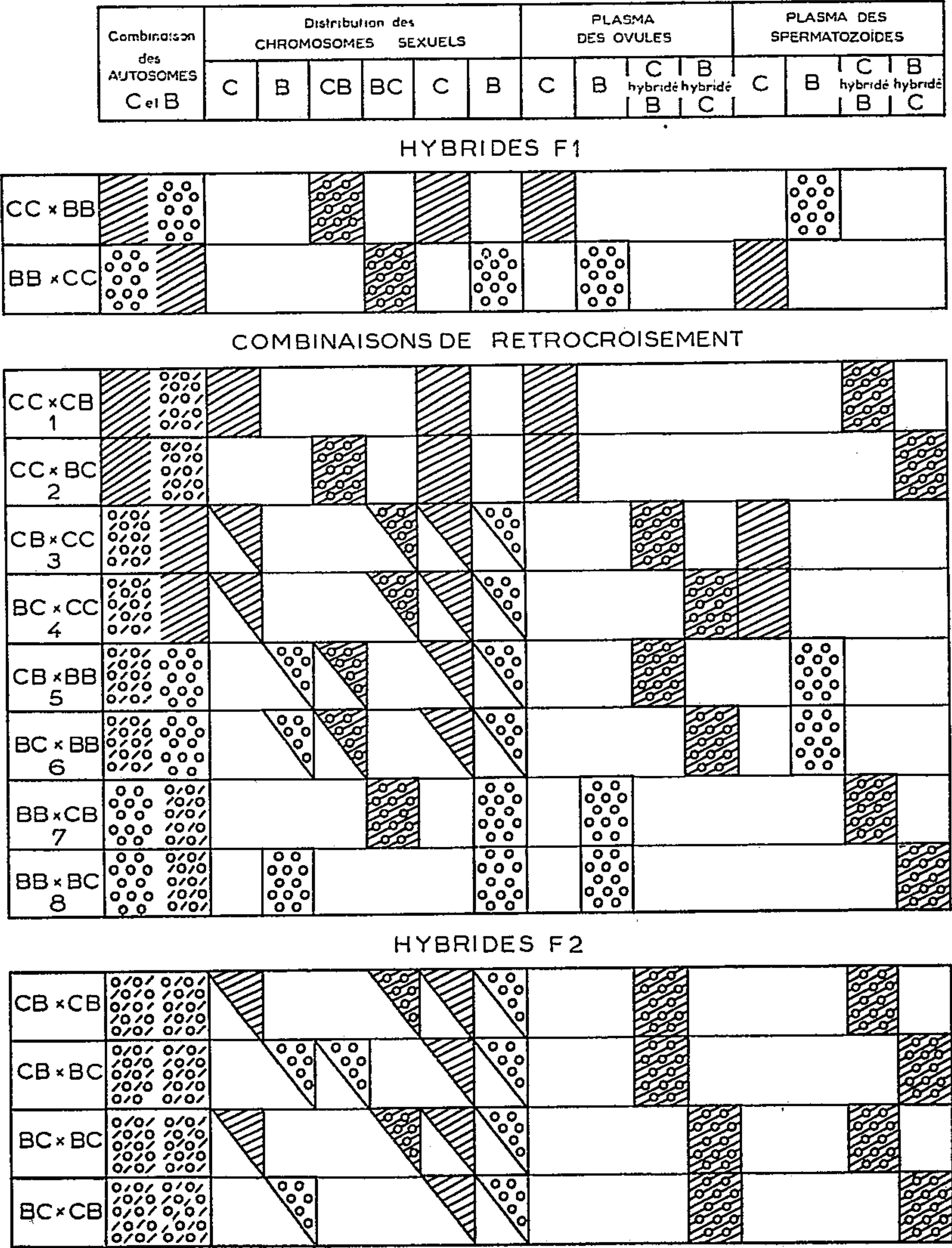
Un autre classement, basé sur le dénombrement de la descendance totale ♀ + ♂ de chaque combinaison, souligne l'affinité génétique des combinaisons hybrides entre elles et permet d'établir cinq groupes : 1 *CB*×*CC*; 2[*BB*×*BC*, *BC*×*BB*]; 3[*BC*×*CC*, *CC*×*BC*]; 4[*BB*×*CB*, *CB*×*BB*]; 5 *CC*×*CB*. Dans le même esprit, les hybrides F_2 donnent la succssion : *CB*×*BC*, *BC*×*CB*, *BC*×*BC*, *CB*×*CB*. Mais il faut aussi signaler des anomalies dans les proportions respectives des sexes modifiées dans tous les groupes hybrides et diversement pour chacun d'eux. Les mâles, hétérogamétiques, sont en minorité. Cependant, le classement précédent n'est pas sensiblement changé lorsqu'il est établi uniquement d'après le nombre des descendants femelles.

Les hybrides F_1, dont les autosomes (14 *C* et 14 *B*) sont semblables dans les deux combinaisons réciproques, diffèrent par leurs plasmas et par les distributions des chromosomes sexuels spécifiques chez les mâles.

Les hybrides de rétrocroisement se séparent en deux groupes par deux combinaisons distinctes d'autosomes, le premier 3 *C* et 1 *B* (n°s 1 à 4) répond aux combinaisons de chromosomes suivantes : pour la femelle ou le mâle, selon le cas, à une seule présence de gamètes purs *campestris*, contre 2^{14} possibilités de gamètes différents, dont la constitution passe de 14 *C* à 14 *B* avec tous les intermédiaires possibles; pour le second 3 *B* et 1 *C* (n°s 5 à 8), les faits sont exactement inversés; les mêmes gamètes des parents hybrides sont fécondants pour les gamètes purs *bimaculatus*. Les différences relevées ensuite, dans les distributions des chromosomes sexuels spécifiques, permettent, — une fois exclues, — de dégager les différences liées aux constitutions plasmatiques.

Les hybrides F_2 apportent des informations plus complexes. Leurs combinaisons d'autosomes $2^{14} \times 2^{14}$ *C* et *B* sont communes dans tous les croisements. Elles peuvent donner des milliers de combinaisons diversement hybrides. La dispersion des caractères quantitatifs, au surplus polyfactoriels, est si grande pour chaque groupe F_2, que l'influence des plasmas hybrides est masquée et que seuls peuvent apparaître les caractères spécifiques liés aux hétérochromosomes.

Les considérations de fécondité, indices d'une gamétogénèse différentielle des hybrides F_1, qui impose son caractère sur les combinaisons génétiques de



la descendance et celles qui se dégagent dudiagramme ci-dessus, serviront de base à l'analyse des résultats de l'étude biométrique conduite dans le but de déterminer les rôles respectifs des constituants des gamètes dans la transmission des formes spécifiques.

IMMUNOCHIMIE. — *Comparaison entre les propriétés immunologiques du plasma et de la sérum-albumine cristallisée de Cheval traités par le formol et la chaleur.* Note de M. **Jean-Jacques Pérez**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

Par ce traitement, les propriétés immunologiques du plasma et de l'albumine évoluent de façons différentes. Pour le plasma, les changements observés résulteraient de la formation rapide de complexes entre les protéines du plasma, tandis que, pour l'albûmine, ils dépendraient surtout d'une transformation progressive de la structure moléculaire.

On a proposé, pour certaines transfusions, de remplacer le plasma humain par des plasmas animaux dont le pouvoir antigénique aurait été détruit par l'action combinée du formol et de la chaleur (plasmas dits déspécifiés). En réalité, les plasmas déspécifiés sont antigéniques; mais leur spécificité antigénique est différente de celles des protéines du plasma normal ([1]).

Le traitement du plasma par le formol et la chaleur entraînant la formation de complexes entre les constituants protéidiques (normaux et dénaturés) du plasma, il est difficile de savoir dans quelle mesure les changements de propriétés immunologiques observés peuvent être rapportés aux modifications des molécules de protéines elles-mêmes. Cela nous a conduit à examiner l'action du formol et de la chaleur sur les propriétés immunologiques d'une protéine pure : l'albumine cristallisée du sérum de Cheval.

L'albumine utilisée — électrophorétiquement et immunologiquement pure — était traitée par le formol en suivant la technique de déspécification du plasma décrite par M. Coulot ([2]); puis chauffée pendant des durées de temps variables à 100°. Nous avons d'abord comparé, par la méthode quantitative de Heidelberger ([3]) le pouvoir précipitant de l'albumine normale, de l'albumine formolée et de l'albumine formolée et chauffée ([4]) avec des immunsérums antialbumine normale.

Le tableau et les courbes correspondantes montrent que : 1° l'action du formol seul entraîne une légère diminution de la grandeur du maximum de précipitation et de l'inhibition par excès d'antigène; 2° le chauffage

---

([1]) J. J. Pérez et C. Sergent, *C. R. Soc. Biol.*, 147, 1953, p. 1861.

([2]) *Thèse Méd.*, Bosc, Lyon, 1953. La solution d'albumine à 5 %, neutre et isotonique, est additionnée de q. s. de formol pour réaliser une concentration de 0,25 % en aldéhyde. Après 16 h de réaction à la température du laboratoire, la solution est amenée à pH 7,2-7,3 avec de l'ammoniaque, puis chauffée.

([3]) M. Heidelberger et F. E. Kendall, *J. Exp. Med.*, 50, 1929, p. 809.

([4]) Désignée, pour abréger, par A. F. C.

à 100° provoque très lentement une diminution de la précipitation en même temps qu'un déplacement du maximum de précipitation vers les grandes concentrations en antigène; 3° la précipitation disparaît généralement presque complètement après 12 h de chauffage.

Addition de quantités variables d'antigène (albumine, albumine formolée, A. F. C.) à 1 cm³ d'immunsérum.

Quantités d'antigène ajouté en mg d'azote.	Antigène. Albumine naturelle. N précipité.	N anticorps dans précipité.	Surnageant.	Albumine formolée. N précipité.	N anticorps dans précipité.	Surnageant.	Albumine F. C. 3 h 10. N précipité.	N anticorps dans précipité.	Surnageant.
0,006...	0,100	0,094	Antic.	0,096	0,090	Antic.	0,036	0,030	Antic.
0,032...	0,412	0,380	Antic.	0,396	0,324	Antic.	0,092	0,060	Antic.
0,064...	0,644	0,580	?	0,544	0,480	0	0,154	0,090	0
0,096...	0,752	0,656	0	0,656	0,560	Antig.	0,180	0,084	Antig.
0,160...	0,528	–	Antig.	0,540	–	Antig.	0,244	–	Antig.
0,400...	0,024	–	Antig.	0,092	–	Antig.	0,320	–	Antig.
0,800...	–	–	–	–	–	–	0,228	–	Antig.
1,600...	–	–	–	–	–	–	0	–	Antig.

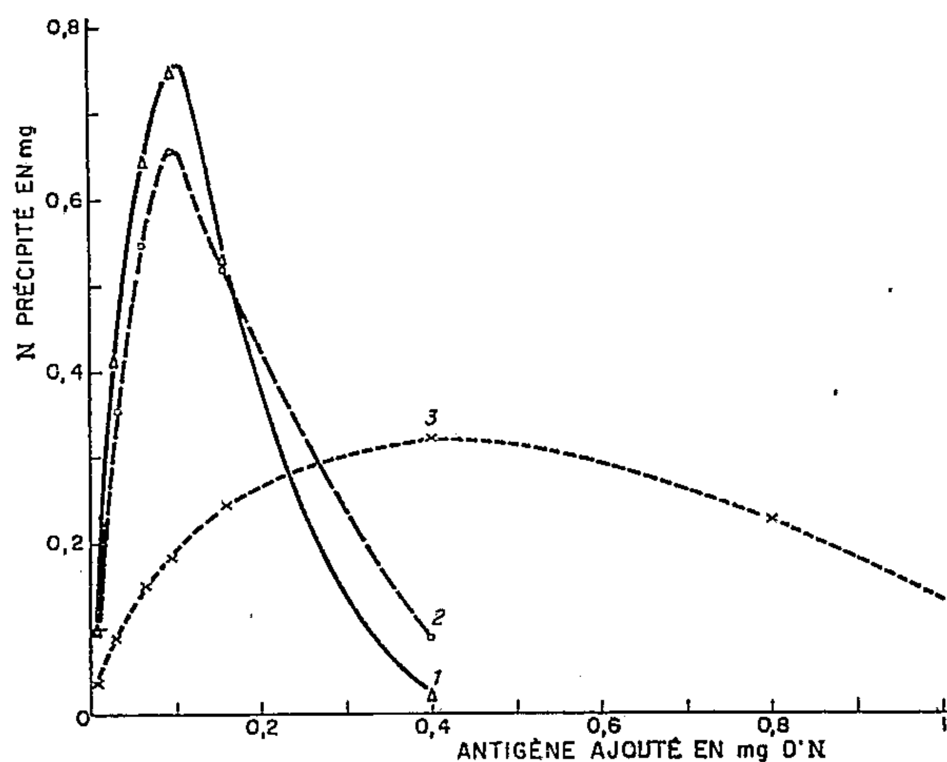
L'abréviation Antic. signifie la présence d'anticorps dans le liquide surnageant le précipité et l'abréviation Antig. la présence d'antigène.

Ces résultats sont sensiblement différents de ceux obtenus avec le plasma (5) où l'on observait par l'action du formol seul une augmentation de la grandeur du maximum de précipitation et une accentuation de l'inhibition par excès d'antigène et, par le chauffage, une disparition presque immédiate du pouvoir précipitant.

Nous avions expliqué l'action du formol par l'union des constituants protéidiques du plasma sans modifications structurales importantes et celle de la chaleur par la formation de complexes entre ces constituants, certains étant probablement dénaturés (5). Avec l'albumine pure, le formol ne peut unir que des molécules semblables et il ne peut en résulter une augmentation de la précipitation; mais au contraire, une diminution, conséquence du blocage ou de la dissimulation de certains groupements fonctionnels. La précipitation de l'A. F. C. ne peut s'expliquer en admettant qu'une partie de l'albumine n'est pas modifiée par le traitement parce que, dans ce cas, on devrait pouvoir précipiter la totalité de l'anticorps en ajoutant une quantité suffisante d'A. F. C. Or, il n'en est rien : l'albumine peut précipiter 0,656 mg d'azote de l'anticorps, tandis

(5) J. J. Pérez, *C. R. Soc. Biol.*, 148, 1954, p. 887.

que l'A. F. C. en précipite 0,090 au maximum. On pourrait alors penser que la précipitation partielle des anticorps par l'A. F. C. provient de ce que l'immunsérum renferme plusieurs types d'anticorps : tous les types se combineraient à l'albumine, mais certains seulement se combineraient



Courbes de précipitation d'un immunsérum de Lapin anti-albumine avec l'albumine (1), avec l'albumine formolée (2), et avec l'albumine formolée et chauffée 3 h 10 (3).

à l'A. F. C. L'hétérogénéité des anticorps est assez généralement admise, mais, dans le cas présent, elle n'est peut-être pas seule en cause : une diminution progressive de l'affinité de l'antigène pour l'anticorps et un antagonisme entre cette affinité et des forces non spécifiques de répulsion devraient, semble-t-il, intervenir aussi. Plusieurs causes, en effet, doivent concourir à cette diminution d'affinité, notamment le blocage des charges positives des groupements NH_3^+ de l'antigène qui supprime leur attraction pour les groupements négatifs de l'anticorps et les modifications progressives de l'architecture moléculaire qui entraîne des déformations des régions de l'antigène responsables de l'union avec l'anticorps. Ces modifications — décelables, notamment, par l'apparition d'une fluorescence en lumière de Wood — consisteraient, suivant J. Loiseleur (6), en une cyclisation des acides aminés qui seraient touchés dans un ordre déterminé. Le déplacement du spectre d'absorption ultraviolet, dans la région de 2 500 Å, vers les plus grandes longueurs d'onde, pourrait faire penser — suivant la conception de K. Wirtz (7) — à la formation de groupements HOC=N par échanges d'atomes d'hydrogène entre deux chaînes polypeptidiques. L'évolution du spectre d'absorption est parallèle à la

(6) *Ann. Inst. Pasteur*, 68, 1942, p. 439.

(7) *Z. Naturforsch.*, 2 *b*, 1947, p. 94; 3 *b*, 1948, p. 131.

diminution du pouvoir précipitant de l'albumine. L'augmentation des forces de répulsion résulterait de la neutralisation des charges positives de NH_3^+ et ces forces deviennent plus intenses au fur et à mesure que s'accroît la taille des agglomérats antigène-anticorps ([8]).

A 16 h l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16 h 25 m.

R. C.

ERRATA.

(*Comptes rendus* du 19 septembre 1955.)

Note présentée le 5 septembre 1955, de M. *Daniel Capon*, Mlle *Marie-Madeleine Claudon* et M. *Raymond Cornubert*, Contribution à l'étude des influences régnant dans les molécules cyclohexaniques simples :

Page 720, 17e ligne, *au lieu de* et semble donner, *lire* et semblent donner.

([8]) *Cf.* Marrack et Orlans, *Brit. J. Exp. Path.*, 35, 1954, p. 389.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 31 OCTOBRE 1955.

PRÉSIDENCE DE M. LOUIS FAGE.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

GÉOMÉTRIE DES ENSEMBLES. — *Les ensembles parfaits linéaires de la première sorte.* Note (*) de M. **ARNAUD DENJOY**.

Dispersion de la somme de deux ensembles de la première sorte portés par un même axe. Indice bilatéral minimum sur les ensembles de dispersion donnée. Dispersion de l'ensemble des distances mutuelles des points de deux ensembles de dispersions connues.

La présente Note touche aux questions posées par la nature des ensembles parfaits inclus dans l'ensemble des discontinuités d'une fonction mesurable douée d'une dérivée symétrique finie (ou d'un couple de dérivés symétriques extrêmes finis, se confondant sur une plénitude avec une dérivée normale), sujet abordé dans ma Note du 3 octobre 1955.

I. L'ensemble parfait linéaire P porté par un axe Ox étant supposé non dense, le segment joignant les extrémités de P sera dit la *base* de P. *La base ne sera pas considérée comme un segment isolant de* P. Si P est *de la première sorte*, nous appellerons *dispersion* de P et nous désignerons par $\Lambda(P)$ le maximum λ des coefficients $\lambda(\rho)$ des segments isolants de P; $\Lambda(P)$ est aussi le maximum des $\Lambda(\varpi)$ pour toutes les portions ϖ de P.

THÉORÈME I. — P_1 *et* P_2 *étant deux ensembles parfaits de la première sorte portés par un même axe, de bases* B_1 *et* B_2, *avec* $B_1 < B_2$, *de réunion* $P = P_1 + P_2$, *l'hypothèse* $\Lambda(P_1) \leqq \lambda$ *et* $\Lambda(P_2) \leqq \lambda$ *entraîne* $\Lambda(P) \leqq \lambda$ *pourvu que* 1° *si* B_1 *et* B_2 *sont séparés par un intervalle i, celui-ci vérifie* $i \leqq \lambda B_1$; 2° *si* B_1 *ou* $\beta_1 \alpha_1$ *est dans le contigu* u_2 *ou* $a_2 b_2$ *de* P_2, *on vérifie* $u_2 \leqq (2\lambda + 1) B_1$.

Soit ρ un segment isolant de P, bordé par u et v contigus à P; u et v sont respectivement dans les contigus u_1, v_1 de P_1, u_2, v_2 de P_2. Montrons $\lambda(\rho) \leqq \lambda$. Nous distinguons deux groupes de trois cas :

(*) Séance du 17 octobre 1955.

(a^1) (et a^2) : u_1 et v_1 (u_2 et v_2) distincts et infinis. $\rho \supseteq B_1 (\rho \geqq B_2)$. Cas inassociables, ρ serait la base de P.

(b^1) (et b^2) : u_1 et v_1 (u_2 et v_2) distincts et l'un fini, par exemple v_1 (par exemple v_2); u_1 et v_1 sont séparés par ρ_1 (u_2 et v_2 par ρ_2); $v_1 \geqq v$ ($v_2 \geqq v$). $\rho_1 \leqq \rho$ ($\rho_2 \leqq \rho$); $\lambda \leqq v_1/\rho_1$ $(v_2/\rho_2) \leqq v/\rho = \lambda(\rho)$.

(c^1) (et c^2) : u_1 et v_1 (u_2 et v_2) confondus, finis ou infinis. ρ disjoint de P_1 (de P_2); (c^1) et (c^2) inassociables. Restent à examiner les seules associations (a^1, c^2) et (a^2, c^1).

(a^1, c^2) : $\rho \supseteq B_1$ et disjoint de B_2 est identique à B_1.

Si $u_2 = v_2$ est infini, B_1 et B_2 sont séparés par i, $\lambda(\rho) = i/B_1 \leqq \lambda$ (1°).

Si $u_2 = v_2$ est fini, B_1 est bordé dans P par les intervalles $a_2 \beta_1$ et $\alpha_1 b_2$; l'un au moins est $\leqq \lambda B_1$ (2°), donc $\lambda(B_1) \leqq \lambda$.

(a^2, c^1); $\rho \supseteq B_2$ disjoint de B_1 est identique à B_2; $u_1 \supset \rho$ est infini; B_1 et B_2 sont séparés par i, $\lambda(\rho) = i/B_2 \leqq i/B_1 \leqq \lambda$. Le théorème est démontré.

II. Nous dirons que le segment ρ est *principal* si u et v surpassent tout contigu à P intérieur à ρ. Si $u \geqq v$, nous dirons que ρ est *dominé* par u.

Si ρ et ρ' sont principaux, ou bien ils sont à distance positive l'un de l'autre, ou bien l'un contient l'autre.

Tout segment spécial ρ est principal, $\lambda(\rho)$ étant par définition au moins égal à 1 (*Leçons sur le calcul des coefficients, etc.*, 2e fasc., p. 118).

Si b est l'extrémité gauche d'un contigu u, les segments principaux $\rho_n(b)$ d'extrémité (droite) b sont limités à gauche par les contigus $v_0, v_1, \ldots$; v_n est le plus grand (et en cas d'égalité le plus à droite) des contigus compris entre v_{n-1} et u, v_0 étant le plus voisin de u parmi les contigus au moins égaux à u et situés à sa gauche; u domine les ρ_n pour $n \geqq 1$.

Si le segment isolant s d'extrémité droite b est non principal et borné à gauche par l'intervalle contigu $w \leqq u$, soit $\rho_m(b) (m \geqq 0)$ le plus grand des ρ_n inclus dans s; $w \leqq v_m$. Donc $\lambda(s) < \lambda[\rho_m(b)]$.

Conclusions analogues pour les segments principaux $\rho_p(a)$ d'extrémité (gauche) a, si u est l'intervalle $ba (b < a)$. En conséquence :

Si P *est de la première sorte,* $\Lambda(P)$ *est le maximum des coefficients* $\lambda(\rho)$ *relatifs aux seuls segments principaux de* P.

Pareillement, si θ est un point de P limite d'un côté, gauche (de θ) par exemple, si $P^-(\theta)$ est la partie de P située à gauche de θ, *l'indice gauche* $\alpha_g(\theta)$ de P au point θ (*Leçons*, p. 109) est la plus grande limite des rapports $(\theta - a_n)/(\theta - b_n)$ formés pour les seuls contigus $a_n b_n$ bornant à gauche les segments d'extrémité droite θ et principaux pour $P^-(\theta)$. *L'indice bilatéral* $\alpha(\theta)$ sera le plus grand de $\alpha_g(\theta)$ et de $\alpha_d(\theta)$.

ξ étant quelconque sur Ox, c et d $(c < d)$ étant d'un même côté de ξ, nous désignerons par $g(\xi, c, d)$ le maximum du rapport $(\beta - \xi)/(\alpha - \xi)$, l'intervalle d'extrémités α et β étant contigu à P, inclus dans l'intervalle cd et α étant plus proche de ξ que β.

Théorème II. — *Tout ensemble parfait* P *de la première sorte et de disper-*

sion $\leqq \lambda$ *contient des points, formant un ensemble partout dense sur* P, *où l'indice bilatéral de* P *vaut au plus* $\nu = (\lambda+1)(\lambda^2+3\lambda+1)$.

Soit ρ ou ab, principal, dominé par u ou ba_0 (fini ou infini), φ (fini) étant $b_0 a$, φ' ou $b'a'$ un contigu à P inclus dans ρ; P étant de dispersion λ, $\varphi' \leqq \lambda . ab'$ et $\varphi' \leqq \lambda . a'b$, d'après $\varphi' < \varphi$ et $\varphi' < u$. On en conclut : $\varphi' \leqq \rho\lambda/(\lambda+2)$; ab' et $a'b \geqq \rho/(\lambda+2)$.

Soit $\mu < 1$, ξ' et η' sur ρ, avec $a\xi' = \mu\rho$, $\eta' b = \mu\rho$; $g(\xi, b_0, a)$ pour $\xi \geqq \xi'$ et $g(\xi, b, a_0)$ pour $\xi \leqq \eta'$ sont inférieurs à $(\lambda/\mu)+1$.

1° Soit ρ_1 ou $a_1 b_1$ un segment principal quelconque de P, bordé par φ_1 ou $b_0 a_1$ et par u_1 ou $b_1 a_0$, dominé par u_1. Sur ρ_1, soient ξ_1 et θ_1 définis par $a_1\xi_1 = \mu\rho_1$ et $a_1\theta_1 = \rho_1/(\lambda+2)$. Nous supposons $\mu < 1/(\lambda+2)$. Pour $\xi \geqq \xi_1$, $g(\xi, b_0, a_1) \leqq (\lambda/\mu)+1$.

2° Sur l'intervalle $\theta_1 b_1$, soient φ_2 ou $b_2 a_2$ le contigu à P maximum, ou le plus à gauche en cas d'ambiguïté; ρ_2 le segment $a_1 b_2$, donc $\rho_2 \geqq \rho_1/(\lambda+2)$; et η_2 sur ρ_2, fixé par $\eta_2 b_2 = \mu\rho_2$. Pour $\xi \leqq \eta_2$, $g(\xi, b_2, b_1) \leqq (\lambda/\mu)+1$.

Pour avoir un intervalle ou à la fois $g(\xi, b_0, a_1)$ et $g(\xi, b_2, b_1)$ soient $<(\lambda/\mu)+1$, il faut $\xi_1 < \eta_2$. Mais, si $\varkappa_2$ est placé sur ρ_2 comme θ_1 l'est par rapport à ρ_1, avec $\varkappa_2 b_2 = \rho_2/(\lambda+2)$, nous aurons besoin de l'existence de P sur le segment $\xi_1\varkappa_2$. Pour qu'un contigu ne puisse pas couvrir ce segment, il suffit que $a_1\xi_1 \leqq \rho_2/(\lambda+2)$. La condition $a_1\xi_1 = \mu\rho_1 \leqq \rho_2/(\lambda+2)$ sera vérifiée si $\mu = (\lambda+2)^{-2}$. Avec cette valeur; $(\lambda/\mu)+1 = (\lambda+1)(\lambda^2+3\lambda+1) = \nu$.

3° Définissons le contigu φ_3 ou $b_3 a_3$ sur $a_1\varkappa_2$, le segment ρ_3 ou $a_3 b_2$ et le point ξ_3 par $a_3\xi_3 = \mu\rho_3$. Sur le segment $\xi_1\varkappa_2$, soient d_3 le point extrême droit de P; $d_3 \leqq \varkappa_2$ (l'intervalle $\xi_1\varkappa_2$ peut être contigu à P, ξ_1 et $\varkappa_2$ étant alors sur P), puis c_3 le point ξ_1 s'il est sur P, et sinon l'extrémité gauche du contigu contenant ξ_1; φ'_3 le plus grand contigu (de plusieurs le plus à droite) situé sur $c_3 d_3$.

Sur $a_1\varkappa_2$, si le contigu maximum (et le plus à droite) est φ'_3, φ'_3 sera φ_3. Sinon ce contigu maximum φ_3^1 ou $b_3^1 a_3^1$ est sur l'intervalle $a_1 c_3$ ($\rho_3^1 = a_3^1 b_2$, $a_3^1\xi_3^1 = \mu\rho_3^1$). Pour $\xi \geqq \xi_3^1$, $g(\xi, a_1, a_3^1) \leqq \nu$. Si $\xi_3^1 \geqq \xi_1$, pour $\xi \geqq \xi_3^1$, $g(\xi, b_0, a_3^1) \leqq \nu$; φ_3^1 sera φ_3.

Si $\xi_3^1 < \xi_1$, on passe au contigu maximum (et le plus voisin de $\varkappa_2$) sur $a_3^1\varkappa_2$. Si c'est φ'_3, φ'_3 est φ_3. Sinon, c'est φ_3^2 sur $a_3^1 c_3$ et $g(\xi, a_1, a_3^2) \leqq \nu$ pour $\xi \geqq \xi_3^2$. Si $\xi_3^2 \geqq \xi_1$, $g(\xi, b_0, a_3^2) \leqq \nu$ pour $\xi \geqq \xi_3^2$, et φ_3^2 sera φ_3. Si $\xi_3^2 < \xi_1$, on recommence; $\varphi_3^1 > \varphi_3^2 > \ldots$, tous $> \varphi'_3$. La suite s'arrête. Finalement, $\xi_3 \geqq \xi_1$ et $g(\xi, b_0, a_3) \leqq \nu$ pour $\xi \geqq \xi_3$.

Avec $a_3 \geqq \varkappa_2$, $\rho_3 \geqq \rho_2/(\lambda+2)$. Dès lors, si θ_3 sur ρ_3 est fixé par $a_3\theta_3 = \rho_3/(\lambda+2)$, le segment $\theta_3\eta_2$ n'est pas intérieur à un même contigu à P, d'après la démonstration donnée par le segment $\xi_1\varkappa_2$.

4° Sur $\theta_3 b_2$ on définit le contigu φ_4 ou $b_4 a_4$, le segment $\rho_4 = a_3 b_4$, puis les points η_4 par $\eta_4 b_4 = \mu\rho_4$ et $\varkappa_4$ par $\varkappa_4 b_4 = \rho_4/(\lambda+2)$, tels que $g(\xi, b_4, b_4) \leqq \nu$, pour $\xi \leqq \eta_4$, etc.

Les v_n sont distincts et tendent vers zéro en longueur. Les ξ_{2m-1} ne décroissent pas et sont inférieurs aux η_{2m} non croissants. Leurs limites sont identiques, sinon entre elles existerait un contigu omis par erreur dans la suite des v_n, chacun d'eux étant maximum. En ce point limite, l'indice bilatéral de P est au plus ν. Nous avons trouvé un tel point sur tout segment principal.

Ensemble optimum. — L'ensemble P des points $x=\sum_{n\geqq 1} a_n(\lambda+2)^{-n}$, avec $a_n=0$ ou $a_n=\lambda+1$, est parfait, de dispersion λ. Soit C l'ensemble des ξ pour lesquels les $a_n=0$ et les $a_n=\lambda+1$ alternent à partir d'un certain rang. A $s_p=\sum_{n\leqq p} a_n(\lambda+2)^{-n}$ donné correspondent : le contigu ab, d'extrémités $a=s_p+(\lambda+2)^{-p-1}(a_{p+1}=0,\ a_{p+k}=\lambda+1 \text{ pour } k\geqq 2)$ et $b=s_p+(\lambda+1)(\lambda+2)^{-p-1}$; $(a_{p+1}=\lambda+1,\ a_{p+k}=0)$, puis le point de C, $\xi=s_p+1/[(\lambda+3)(\lambda+2)^p)]$, $(a_{p+2m-1}=0 \text{ et } a_{p+2m}=\lambda+1 \text{ pour } m\geqq 1)$; $(b-\xi)/(a-\xi)=\lambda^2+3\lambda+1=\nu'$. Ce nombre ν' est l'indice droit de P en tout point ξ; $1-\xi$ étant également dans C, ν' est l'indice bilatéral de P en tout point ξ.

Appelons *dispersion de* P *au point* x le maximum des coefficients $\lambda(\rho)$ des segments isolants ρ contenant x. Je laisse au lecteur le soin de chercher :

1° le minimum $\nu_1=\nu_1(\lambda)$ des nombres ν'_1 tels que tout ensemble parfait de dispersion $\leqq\lambda$ possède des points d'indice bilatéral $\leqq\nu'_1$; $\nu_1\leqq\nu$;

2° le maximum $\nu_2=\nu_2(\lambda)$ des ν'_2 tels qu'aucun ensemble parfait P, dont la dispersion vaut au moins λ en chacun de ses points, ne contient de point où l'indice bilatéral de P est inférieur à ν'_2; $\nu_2(\lambda)\geqq\nu'$.

Théorème III. — P_1 *et* P_2 *étant deux ensembles parfaits linéaires de la première sorte, portés par un même axe* Ox, *décrits par les points* x_1 *et* x_2, *de bases* $B_1(n_1, m_1)$, $B_2(m_2, n_2)$ *la plus petite* B_1 *n'étant surpassée par aucun contigu* u_2 *de* P_2 *si* Π *est l'ensemble des* $x=x_2-x_1$, *les dispersions* λ_1, λ_2, λ *de* P_1, P_2, Π *vérifient la condition* $1/\lambda\geqq 1/\lambda_1+1/\lambda_2$.

Si B_1 était surpassée par certains contigus de P_2, ceux-ci sépareraient sur P_2 des portions principales à chacune desquelles le théorème s'appliquerait, éventuellement secondé par le théorème I.

Si $m_1\leqq n_2$, Π est l'ensemble des distances des points de P_1 à ceux de P_2; $B(n_2-m_1, m_2-n_1)$ base de Π vant B_1+B_2.

Soit ρ où $\gamma\delta$ un segment isolant (principal de préférence) de Π, bordé par les deux contigus non tous deux infinis ω ou $\delta\gamma$, et υ ou $\theta\zeta$, avec par exemple $\omega\leqq\upsilon$ (ω est fini, éventuellement $\zeta=+\infty$). Prouvons $\rho/\omega=1/\lambda(\rho)\geqq\lambda_1^{-1}+\lambda_2^{-1}$.

Si $\gamma=c_2-c_1$ (c_2 sur P_2, c_1 sur P_1), c_1 est l'extrémité gauche d'un contigu u_1 ou c_1e_1 de P_1 avec $u_1>\omega$ (afin qu'aucun point c_2-x_1 n'existe sur ω); de même c_2 est l'extrémité droite d'un contigu u_2 où f_2c_2 à P_2 et $u_2>\omega$. Considérons l'intervalle $(c_1-\rho-\upsilon,\ c_1-\rho)$. Il ne contient pas de point de P_1, si non c_2-x_1 aurait des points entre $\gamma+\rho=\theta$ et $\gamma+\rho+\upsilon=\zeta$,

soit sur υ. L'intervalle en question est contenu dans un contigu w_1 à P_1, w_1 ayant pour extrémité droite $b_1 \leqq c_1 - \rho$ et $w_1 \geqq \upsilon \geqq \omega$ (w_1 peut être infini, il l'est certainement si $\zeta = +\infty$). Soit s le segment $b_1 c_1$; $s_1 < \rho$.

Si u_1 est fini, d'après u_1 et $w_1 > \omega$, $s_1 > \omega/\lambda_1$. Si u_1 est infini il est impossible que u_2 le soit, sans quoi δ n'existerait pas. Soit $\varepsilon = e_2 - b_1 = \gamma - u_2 + s_1$; ou bien ε limite de Π à gauche (de ε) $> \gamma$ et $s_1 > u_2 > \omega$, ou bien $\varepsilon \leqq \delta = \gamma - \omega$ et $u_2 \geqq s_1 + \omega > s_1$. Donc $s_1 < B_1$ et w_1 est fini, encore $s_1 > \omega/\lambda_1$.

Pareillement P_2 possède un contigu $w_2 > \upsilon$, d'extrémité gauche a_2, et $c_2 < a_2 \leqq c_2 + \rho$; s_2, segment $c_2 a_2 < \rho$ est $> \omega/\lambda_2$ (l'inégalité $B_2 < u_1$ fini $< B_1$ est impossible). Nous poserons $\sigma = s_1 + s_2$ et $\alpha = \gamma + \sigma = a_2 - b_1$; α est un point de Π, limite à gauche (de α).

1° Soit $\sigma > \rho$, donc $\alpha > \theta$. Dès lors $\alpha > \zeta$; υ est fini. x_1 rétrogradant sur $P_1 . s_1$ de c_1 à b_1, $x = c_2 - x_1$ progresse dans Π (sans en occuper généralement tous les points) de γ à $\gamma + s_1 \leqq \theta$; puis, x_2 progressant sur $P_2 . s_2$ de c_2 à a_2, $x_2 - b^1$ avance dans Π de $\gamma + s_1 \leqq \theta$ à $\alpha > \zeta$. L'intervalle $(\theta + b_1, \zeta + b_1)$ intérieur à s_2 est dans un contigu v_2 à P_2 et $v_2 \geqq \upsilon \geqq \omega$; $s_2 - v_2$ est formé de deux segments encadrant v_2 et valant chacun au moins ω/λ_2. Donc en ce cas

$$1 + \frac{2}{\lambda_2} \leqq \frac{s_2}{\omega} \leqq \frac{\rho}{\omega} = \frac{1}{\lambda(\rho)}.$$

En renversant l'ordre des déplacements de x_1 et de x_2, on trouve de même $1/\lambda(\rho) \geqq 1 + 2\lambda_1^{-1}$; donc $1/\lambda(\rho)$ vaut au moins le plus grand de ces deux nombres et *a fortiori* $\lambda_1^{-1} + \lambda_2^{-1}$.

2° Soit $\sigma \leqq \rho$; $\alpha \leqq \theta$; $1/\lambda(\rho) \geqq \sigma/\omega = (s_1 + s_2)/\omega \geqq \lambda_1^{-1} + \lambda_2^{-1}$.

La borne trouvée pour λ doit pouvoir être grandement améliorée, puisque, si λ_1 et $\lambda_2 \leqq 1$, Π est un segment continu et $\lambda = 0$.

En tous cas, faisant $\lambda_1 = \lambda_2$, nous avons déjà montré que : *si l'ensemble parfait* P *a la dispersion* λ, *l'ensemble des distances mutuelles de ses points a sa dispersion au plus égale à* $\lambda/2$.

Le théorème s'applique aux ensembles $ax_1 + bx_2$, aP_1 et bP_2 ayant mêmes dispersions λ_1 et λ_2 que P_1 et P_2, avec les bases aB_1 et aB_2.

ASTRONOMIE. — *Sur les spirales barrées.*

Note (*) de M. **Alexandre Dauvillier.**

L'auteur suggère que les galaxies spirales barrées représentent la phase finale et l'arrêt de l'évolution dynamique prévue par H. Poincaré et que les « barres » ne sont autre chose que des « ponts » de matière extraits par effet de marée.

La structure des nombreuses spirales barrées a toujours paru énigmatique, principalement pour des raisons mécaniques, mais nous croyons

(*) Séance du 24 octobre 1955.

possible d'en donner une interprétation simple. Dans une précédente Note ([1]), nous basant sur les idées de lord Kelvin et de Poincaré, nous avons suggéré un modèle de galaxie autonome fonctionnant en circuit quasi-fermé par le jeu du rôle cosmologique des Amas globulaires et de l'électromagnétisme (rayons cosmiques). Rappelons que Kelvin, assimilant les étoiles aux molécules d'un gaz et leur appliquant la théorie cinétique, avait envisagé l'équilibre statique de la Galaxie et que Poincaré, lui attribuant un moment de rotation initial, avait considéré son équilibre dynamique, prédit son évolution et l'ordre de grandeur de sa période de rotation.

Le noyau galactique, perdant une partie de sa masse initiale au cours du temps, sous forme d'étoiles, de matière divisée, d'ondes électromagnétiques et de neutrinos, agit avec une force centrale décroissante avec le temps, ce qui explique pourquoi aucune spirale géométrique ne rend compte de la forme variable des bras galactiques. Les spires s'ouvrent et se déroulent à mesure que le noyau s'amenuise et que sa rotation s'accélère. Mais sa contraction est limitée par sa propre masse. Lorsqu'elle parvient à son terme, il s'établit à l'équateur un équilibre définitif entre la gravité et la force centrifuge. Le noyau cesse alors d'expulser des étoiles dans le plan équatorial en formant deux spires antipodiques. Leur origine s'éloigne et il apparaît une figure symétrique dans laquelle le noyau est isolé et distant de l'origine des deux spires.

Nous considérons la matière lumineuse formant les « barres » diamétrales de ces spirales, comme analogue aux « ponts » de matière stellaire et divisée, dont on connaît maints exemples, et qui sont dus aux effets de marée s'exerçant entre les galaxies proches. Tels sont, le pont reliant notre Galaxie au grand Nuage de Magellan, le pont multiple reliant l'un des bras de M 51, dans Canis Venatici, à son satellite et les nombreux ponts observés par F. Zwicky entre des galaxies en interaction, telles que celles de Stefan.

Ces ponts symétriques sont particulièrement bien apparents dans la spirale barrée NGC 1300. Les effets de marée s'exercent là entre le noyau et l'origine des spires, déjà fort écartées. Selon cette interprétation, les Barrées ne représenteraient pas une branche aberrante dans la classification des galaxies, mais le terme normal de l'évolution galactique, ce qui rendrait compte de leur abondance.

M. Charles Jacob offre, de la part de l'auteur : Léon Moret. *Précis de géologie*. 2e édition. Cet Ouvrage, en principe destiné aux étudiants des Facultés

([1]) A. Dauvillier, *Comptes rendus*, 237, 1953, p. 1298.

ou élèves des grandes Écoles, est, en particulier grâce à ses précieuses illustrations, accessible à quiconque s'intéresse aux données actuelles des sciences géologiques.

M. **Maurice Caullery** fait hommage à l'Académie, de la part de M. Jean Rostand, d'un Ouvrage posthume de l'éminent et regretté **Eugène Bataillon** : *Une enquête de trente-cinq ans sur la génération* 1900-1935 (¹). Il s'exprime en ces termes :

L'auteur avait chargé M. J. Rostand de publier ce livre après sa mort. Il y retrace tout le cheminement de sa pensée sur les problèmes de la parthénogenèse expérimentale auxquels il a apporté des contributions majeures (il suffit d'évoquer ici la parthénogenèse par piqûre de l'ovule des Batraciens, 1910).

Je dois aussi signaler la belle préface de J. Rostand, qui fait revivre pleinement la personnalité de Bataillon :

« Dans cet essai introspectif, écrit-il, qui prendra place à côté de certaines pages de Claude Bernard et de Ch. Nicolle, nous accompagnons pas à pas le chercheur dans son exploration méthodique d'un terrain presque vierge, où il avance prudemment, parfois sinueusement, en rectifiant peu à peu sa route et en consolidant ses positions... Nous le voyons tirer d'un fait imprévu une nouvelle méthode qui fera lever une moisson d'autres faits, nous le voyons exploiter ingénieusement la chance et l'accident, saisir au passage avec une admirable sagacité les *faits lumineux* que le hasard sème sur sa route ».

La lecture de ce petit livre, en raison de sa scrupuleuse concision, exige une attention soutenue, M. J. Rostand l'a facilitée en y adjoignant, pour les non spécialistes, un glossaire des termes techniques (p. 109-120).

CORRESPONDANCE.

M. **Albert Vandel** prie l'Académie de bien vouloir le compter au nombre des candidats à la place vacante, dans la Section des Membres non résidants, par la mort de M. *Pierre Teilhard de Chardin*.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Les asymétries de la face, le syndrome d'allongement d'une hémiface*, par Pierre A. G. Vassal.

(¹) Paris (Soc. Édit. Enseig. Sup.; Coll. *Esprit et Méthode*), 1955, in-12, 134 pages; préface de J. Rostand.

2° *Protégez aujourd'hui le monde de demain*, publié par l'UNION INTERNATIONALE POUR LA PROTECTION DE LA NATURE.

3° Université de Paris. *Les Conférences du Palais de la Découverte*, Série A, n° 212.

ALGÈBRE. — *Sur une propriété caractéristique des demi-groupes inversés et rectangulaires.* Note (*) de M. **GABRIEL THIERRIN**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

Caractérisation des demi-groupes inversés et rectangulaires au moyen de leurs relations d'ordre régulières.

Un demi-groupe D est *inversé* ([1]), si pour tout $x \in D$ il existe $x' \in D$ tel que les éléments xx' et $x'x$ soient idempotents. Pour cela, il suffit que pour tout x il existe y tel que xy soit idempotent. Tout demi-groupe fini est inversé. Un demi-groupe est *rectangulaire* ([2]) si la relation $ax = bx = ay = m$ entraîne $by = m$; autrement dit, c'est un demi-groupe dont tous les éléments sont forts ([3]).

Une relation R définie dans un demi-groupe D est dite *stationnaire à droite*, si $ba \mathrm{R} ba'$ entraîne $xa \mathrm{R} xa'$ pour tout $x \in D$. Un demi-groupe est stationnaire à droite si l'égalité est une relation stationnaire à droite. On a les définitions symétriques. Tout demi-groupe stationnaire d'un côté est rectangulaire. D'autre part, tout demi-groupe inversé et rectangulaire est stationnaire à droite et à gauche (DIR, th. 3).

THÉORÈME 1. — *Dans un demi-groupe inversé et rectangulaire* D, *toute relation régulière à droite (à gauche) est stationnaire à gauche (à droite).*

Soit R une relation régulière à droite et soit $ab \mathrm{R} a'b$. Il existe y tel que $by = e$ soit un élément idempotent. Donc $ae \mathrm{R} a'e$ et $aex \mathrm{R} a'ex$ pour tout $x \in D$. Mais d'après DIR (th. 2), on a $aex = ax$, $a'ex = a'x$. Par conséquent $ax \mathrm{R} a'x$ est stationnaire à gauche.

Nous avons donné dans DIR (th. 10) une caractérisation des demi-groupes inversés et rectangulaires au moyen de leurs relations d'équivalence régulières. Ces demi-groupes peuvent aussi être caractérisés en utilisant leurs relations d'ordre régulières. Toutes les relations d'ordre considérées ici sont des relations d'ordre partiel (c'est-à-dire des relations réflexives, propres et transitives; la notation employée étant $\leqq$, nous avons toujours $x \leqq x$).

(*) Séance du 24 octobre 1955.

([1]) *Cf.* G. THIERRIN, *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 1336.

([2]) *Cf.* G. THIERRIN, *Bull. Acad. Roy. Belgique* (Classe des Sciences), 41, 1955, p. 83. Référé par DIR.

([3]) *Cf.* P. DUBREIL, *Mém. Acad. Sc.*, 63, 1941, p. 1-52, et *Algèbre*, 2e édit., 1954, Gauthier-Villars, Paris, p. 235.

THÉORÈME 2. — *Pour qu'un demi-groupe D soit inversé et rectangulaire, il faut et il suffit que ses relations d'ordre régulières à droite soient stationnaires à gauche et que ses relations d'ordre régulières à gauche soient stationnaires à droite.*

La condition est nécessaire d'après le théorème 1. Montrons qu'elle est suffisante. L'égalité est une relation d'ordre régulière, donc stationnaire à droite et à gauche. Il s'ensuit que D est stationnaire et, par conséquent, *rectangulaire*. Si d est un élément de D vérifiant une relation de la forme $ad=a$ ou $da=a$, d^2 est un élément idempotent. En effet, si l'on a par exemple $ad=a$, il suit $ad^2=ad$; d'où, puisque D est stationnaire, $d^3=d^2$ et $d^4=d^2$.

Le demi-groupe D contient des éléments idempotents. En effet, supposons que D soit sans idempotents. Si $a\in D^4$ et si W_a désigne le résidu à droite de a (W_a est l'ensemble des éléments x de D tels que $a\notin xD$), l'élément a appartient à W_a, car sinon on aurait $ae=a$ et e^2 serait idempotent, contre l'hypothèse. Considérons la relation d'ordre α définie de la manière suivante. Si $x\neq y$, on a $x\leq y$ si et seulement si $x\in W_a$ et s'il existe t tel que $x=ty$. (Cette relation est évidemment transitive. Elle est aussi propre, car si l'on avait $y=t'x$, on aurait $x=tt'x$ et l'élément $(tt')^2$ serait idempotent, contre l'hypothèse.) La relation d'ordre α est régulière à droite, car $xz\in W_a$ (qui est un idéal à droite) et $xz=tyz$. Par conséquent, α est une relation d'ordre stationnaire à gauche. Comme $a\in D^4$, nous avons $a=a_1a_2a_3a_4=a_1.\ a_2a_3a_4$ avec $a_1a_2a_3a_4\in W_a$, et $a_1a_2a_3a_4\leq a_2a_3a_4$. D'où, puisque α est stationnaire à gauche, $a_1a_2a_3\leq a_2a_3$, avec $a_1a_2a_3\neq a_2a_3$ (si l'égalité avait lieu, a_1 serait idempotent). D'après la définition de α, il suit alors $a_1a_2a_3\in W_a$, ce qui est impossible. Par conséquent, le demi-groupe D doit contenir des idempotents.

Soit U l'ensemble des éléments u de D ayant la propriété suivante : il existe u' tel que uu' soit idempotent. Cet ensemble U n'est pas vide, d'après ce qui précède. U est un demi-groupe. En effet, soient u_1, $u_2\in U$. Il existe u'_1, u'_2 tels que $u_1u'_1=e_1$ et $u_2u'_2=e_2$ soient des éléments idempotents. D'où, d'après DIR (th. 2), $u_1u_2u'_2u'_1=u_1e_2u'_1=u_1u'_1=e_1$, et $u_1u_2\in U$. Si $U\subset D$, l'ensemble $T=D-U$ est un idéal de D. En effet, soit $t\in T$. Si $tx\in U$, il existe r tel que txr soit idempotent et t appartient à U, ce qui est contradictoire. Si $xt\in U$, il existe s tel que $xts=e$ soit idempotent. D'où $tsx.tsx=ts.e.x=tsx$, c'est-à-dire tsx est idempotent et $t\in U$, ce qui est contradictoire. Considérons ensuite la relation d'ordre β définie de la manière suivante. Si $a\neq b$, on a $a\leq b$ si et seulement si $a\in T$, $b\in T$ et s'il existe $c\in T$ tel que $a=cb$. [Cette relation est transitive, c'est immédiat. Elle est propre, car si $b=c'a$, avec $c'\in T$, on a $a=cc'a$, avec $(cc')^2$ idempotent et $cc'\in T$, ce qui est impossible, puisque T ne contient pas d'idempotents.] T étant un idéal, la relation d'ordre β est régulière à droite, donc stationnaire à gauche. De $tut=t.ut$ avec $t\in T$, $u\in U$, suit $tut\in T$, $ut\in T$ et donc $tut\leq ut$. Par conséquent, puisque β est stationnaire à gauche, $tu^2\leq u^2$ avec $tu^2\neq u^2$, car sinon t^2 serait idempotent et t^2 appartiendrait à U, contre $t^2\in T$. On en déduit alors, en tenant compte de la défini-

tion de β, que $u^2 \in T$, ce qui est contradictoire. Donc $U = D$, et le demi-groupe D est *inversé*.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Différentielles méromorphes sur des surfaces de Riemann ouvertes.* Note (*) de M. **Lauri Myrberg**, présentée par M. Gaston Julia.

Une modification de la théorie des différentielles méromorphes développée par L. Ahlfors (1) et R. Bader (2).

Soit Φ une différentielle méromorphe sur une surface de Riemann ouverte S et (S_n) une exhaustion de S. La *composante stricte* (3) φ_n de Φ est une différentielle méromorphe sur S_n ayant les propriétés suivantes : 1° φ_n a sur S_n les mêmes périodes et parties singulières que Φ. 2° φ_n est orthogonale à toute différentielle totale de première espèce sur S_n. Cette propriété d'orthogonalité entraîne la propriété de minimum suivante :

$$(1) \qquad \|\varphi\|_{S_n}^2 - \|\varphi_n\|_{S_n}^2 = \|\varphi - \varphi_n\|_{S_n}^2 \geqq 0,$$

φ étant une différentielle arbitraire ayant les mêmes périodes et parties singulières sur S_n que Φ.

Nous posons la définition suivante :

Définition : F *est la classe des différentielles méromorphes qui pour toute exhaustion* (S_n) *satisfont à la condition*

$$(2) \qquad \limsup_{n \to \infty} \|\Phi - \varphi_n\|_{S_n} < \infty.$$

La classe F possède les propriétés suivantes :

1° F *est une variété linéaire.*

En effet, soient Φ et Ψ deux différentielles de F et λ, μ deux nombres complexes arbitraires. φ_n et ψ_n étant les composantes strictes de Φ et Ψ sur S_n, la composante correspondante de $\lambda\Phi + \mu\Psi$ est $\lambda\varphi_n + \mu\psi_n$, et l'on a

$$\|\lambda\Phi + \mu\Psi - (\lambda\varphi_n + \mu\psi_n)\|_{S_n} \leqq |\lambda| \cdot \|\Phi - \varphi_n\|_{S_n} + |\mu| \cdot \|\Psi - \psi_n\|_{S_n}$$

qui démontre notre proposition.

2° *Toute différentielle de première espèce et à la norme finie appartient à la classe* F.

D'après (1) on a

$$\|\Phi - \varphi_n\|_{S_n}^2 = \|\Phi\|_{S_n}^2 - \|\varphi_n\|_{S_n}^2 \leqq \|\Phi\|_{S_n}^2 \leqq \|\Phi\|_S^2 < \infty.$$

(*) Séance du 24 octobre 1955.

(1) *Comm. Math. Helv.*, 24, 1950.

(2) *Ann. Sci. École Norm. Sup.*, 71, 1954.

(3) R. Bader, *loc. cit.*

3° *Toute différentielle totale de première espèce de la classe* F *a une norme finie.*

La proposition s'obtient de (2) pour $\varphi_n \equiv 0$.

3° conduit au théorème suivant :

THÉORÈME : *Sur une surface de Riemann* $S \in O_{AD}$ *les différentielles de la classe* F *sont déterminées par leurs périodes et leurs parties singulières.*

La classe F contient aussi des différentielles ayant un nombre infini de singularités. Par exemple, sur le plan complexe $z \neq \infty$, la différentielle

$$\sum_{n=1}^{\infty} \frac{A_n}{(z-n)^2} dz, \qquad \sum_{n=1}^{\infty} |A_n| < \infty$$

appartient à la classe F.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Valeurs évitées, mais non asymptotiques, pour les fonctions holomorphes dans le cercle-unité.* Note de MM. **Frederick Bagemihl** et **Wladimir Seidel**, présentée par M. Paul Montel.

Soit $h(z)$, holomorphe dans $U : |z| < 1$. Nous dirons qu'un nombre complexe η, fini ou infini, est une *valeur évitée* pour $h(z)$ si, dans U, η est omise par $h(z)$, mais chaque valeur différente de η, dans le voisinage de η, est prise une infinité de fois par $h(z)$. Une valeur asymptotique de $h(z)$ est un nombre η tel que, pour quelque chemin $z = z(t)$, $0 \leq t < 1$, où $|z(t)| < 1$, on a $\lim_{t \to 1} |z(t)| = 1$ et $\lim_{t \to 1} h[z(t)] = \eta$.

THÉORÈME 1. — *Il existe une fonction* $G(z)$, *holomorphe et bornée dans* U, *pour laquelle* 0 *est une valeur évitée mais non asymptotique.*

THÉORÈME 2. — *Il existe une fonction* $G(z)$, *holomorphe et à caractéristique non bornée dans* U, *pour laquelle* 0 *est une valeur évitée mais non asymptotique.*

Ces théorèmes donnent une réponse négative à une question posée par E. F. Collingwood et M. L. Cartwright (1). Nos théorèmes montrent aussi que l'ensemble $\chi_*(f, e^{i\theta})$ se trouvant dans la relation (22.4) de leur Mémoire cité ne peut pas être omis.

Démonstration du théorème 1. — Nous coupons la surface de Riemann $\mathcal{L}$ de $\log w$ suivant deux spirales Σ_1 et Σ_2 disjointes, afin d'obtenir une surface de Riemann $\mathfrak{S}$, limitée par $\Sigma_1 \cup \Sigma_2$, simplement connexe, à une infinité de feuillets et de type hyperbolique : Σ_1 se compose de tous les points de $\mathcal{L}$ dont l'affixe a le module 1 ; à partir d'un point d'affixe 1/2, sur quelque feuillet de $\mathcal{L}$, une partie de Σ_2 se tourne sans rebroussement autour de l'origine dans le sens

(1) *Acta Math.*, 87, 1952, p. 120.

positif, l'autre partie de Σ_2 se tourne sans rebroussement autour de l'origine dans le sens négatif de telle façon que : (*a*) sur chaque feuillet de $\mathfrak{L}$ il existe un point de Σ_2 d'affixe de module $1/2$ et (*b*) chaque point de $|w| < 1$, sauf o, est recouvert par une infinité de feuillets de $\mathfrak{S}$. Soit $w = g(z)$ une fonction holomorphe dans U qui effectue une représentation biunivoque de U sur $\mathfrak{S}$; une telle fonction est évidemment bornée. Puisque $\mathfrak{S}$ ne contient pas o, on a $g(z) \neq 0$ dans U, tandis que, selon (*b*), pour chaque c satisfaisant aux inégalités $0 < |c| < 1$, l'équation $g(z) = c$ a une infinité de racines dans U; donc o est une valeur évitée pour $g(z)$. Puisque, à cause de (*a*), un chemin quelconque sur $\mathfrak{S}$ qui entoure l'origine une infinité de fois dans le sens positif ou dans le sens négatif ne peut pas converger vers o, o ne peut pas être une valeur asymptotique de $g(z)$.

Démonstration du théorème 2. — Nous modifions un exemple dû à S. Kierst et E. Szpilrajn ([1]). Soit $0 < \xi_1 < \xi_2 < \ldots < 1$ et $\lim_{n\to\infty} \xi_n = 1$. La fonction $\zeta = [(1+z)/(1-z)]^2$ représente U biunivoquement sur le plan de ζ fendu le long de l'axe réel négatif tout entier. En posant $\zeta_n = [(1+\xi_n)/(1-\xi_n)]^2$, soit K_0 le cercle $|\zeta| = \zeta_1/2$, K_n le cercle $|\zeta| = (\zeta_n + \zeta_{n+1})/2$ et B_n un domaine fermé de la même forme que celui considéré par Kierst et Szpilrajn ([2]), situé à l'intérieur de la couronne limitée par K_{n-1} et K_n et assujetti à la condition que B_n contienne à la fois ζ_n et $e^{i\gamma}\zeta_n$, où $\gamma = \pi/180$. Prenons une suite de nombres $\{r_n\}$ partout dense dans le plan complexe, tels que $|r_{2n}| > \exp[(1-\xi_{2n})^{-2}]$, et définissons $f_n(z) \equiv r_n$ sur B_n. En désignant par $\{\delta_n\}$ une suite de nombres positifs tendant vers zéro, nous construisons par une méthode due à L. Bieberbach ([3]) une fonction entière $f(\zeta)$ telle, que pour chaque $\zeta \in B_n$, on a $|f(\zeta) - f_n(\zeta)| < \delta_n$. Selon que l'axe réel négatif est ou n'est pas une demi-droite de Julia pour $f(z)$, nous posons $H(z)$ égale à $f\{e^{i\gamma}[(1+z)/(1-z)]^2\}$ ou $f\{[(1+z)/(1-z)]^2\}$ dans U, d'où $|H(\xi_{2n})| > \exp[(1-\xi_{2n})^{-2}] - o(1)$; donc $H(z)$ est à caractéristique non bornée dans U, et ∞ est évidemment une valeur évitée pour $H(z)$. La fonction $H(z)$ transforme chaque chemin dans U en un ensemble ou bien borné ou bien partout dense dans le plan, ce qui implique que ∞ n'est pas une valeur asymptotique de $H(z)$. Enfin, il est clair que la fonction $G(z) = \exp[H(z)]$ est la fonction cherchée.

Notons que la construction précédente nous permet d'obtenir une fonction $G(z)$ dans le théorème 2 d'un ordre aussi grand que l'on veut.

([1]) *Fund. Math.*, 21, 1933, p. 292.
([2]) *Ibid.*, p. 284.
([3]) *Lehrbuch der Funktionentheorie* II, 1931, p. 152-154.

ANALYSE FONCTIONNELLE. — *Extension de la méthode d'extremum de Galois-Hilbert à des cas non symétriques.* Note (*) de M. **Maurice Audin**, présentée par M. Gaston Julia.

Pour une transformation linéaire et bornée, A, on définit une fonctionnelle $r_A(x)$ qui joue un rôle analogue à celui de la forme quadratique (Ax, x) pour le cas symétrique et compact. L'étude des minima de $r_A(x)$ conduit à des propriétés des points singuliers du disque de Fredholm ([1]), et donne une méthode de calcul des modules de ces points.

1. Soit A une transformation linéaire et bornée d'un espace de Banach E dans lui-même. La présente Note concerne l'étude d'une fonctionnelle positive définie dans E, qui jouera le même rôle pour A que la forme quadratique utilisée pour les transformations symétriques de l'espace de Hilbert ([2]).

2. Nous considérons d'abord la fonction analytique de la variable complexe λ, à valeurs dans l'algèbre de Banach B(E) des transformations A, qui est définie pour $|\lambda|$ petit par la série $\sum_0^\infty \lambda^n A^n$; son rayon de convergence $\varliminf_{n\to\infty} \|A^n\|^{-\frac{1}{n}}$ sera noté $\tilde{r}_A$.

Étant donné un vecteur x de E, nous considérons aussi la fonction analytique de λ, à valeurs dans E, définie pour $|\lambda|$ petit par la série $\sum_0^\infty \lambda^n A^n x$, dont le rayon de convergence, $\varliminf_{n\to\infty} \|A^n x\|^{-1/n}$ sera noté $r_A(x)$.

On démontre aisément que $r_A(x) \geqq \tilde{r}_A > 0$, quel que soit $x \in E$; que $r_A(x+y) \geqq \min\{r_A(x), r_A(y)\}$, le signe $=$ étant toujours valable si $r_A(x) \neq r_A(y)$; enfin que $r_A(\mu x) = r_A(x)$ quels que soient x, y de E et μ complexe $\neq 0$.

3. *Désignant par* R_A *le rayon de Fredholm de* A, au sens de Nikol'skiĭ ([1]), *supposons* $r_A(x) < R_A$. En ce cas, $r_A(x)$ *ne peut prendre que l'une des valeurs* $|\lambda_\nu|$, *les* λ_ν *désignant les points singuliers de* A *dans son disque de Fredholm*, qui sont isolés ([1]). Une première conséquence [déjà énoncée par A. T. Taldykin ([3]) pour l'espace de Hilbert] est le :

Théorème 1. — *Une condition nécessaire et suffisante pour que* A *possède une*

(*) Séance du 26 septembre 1955.

([1]) *Comptes rendus*, 237, 1953, p. 511; 238, 1954, p. 2221; 240, 1955, p. 832.

([2]) *Voir*, par exemple, F. Riesz et B. Sz. Nagy, *Leçons d'Analyse fonctionnelle*, Budapest, 1952, p. 227.

([3]) A. T. Taldykin, *Mat. Sbornik*, nouv. sér., 34, n° 76, 1954, p. 201-212.

singularité dans son disque de Fredholm est qu'il existe un x *tel que* $r_A(x) < R_A$. *Si un tel* x *existe,* A *possède un point singulier de module* $r_A(x)$.

Notons dans ce qui suit α_ν les modules successifs des singularités λ_i de A dans son disque de Fredholm, plusieurs λ_i pouvant être de même module : $0 < \alpha_1 < \ldots < \alpha_\nu < \ldots \leqq R_A$. Désignons par $M(A, \lambda)$ l'espace des x tels que $(I - \lambda A)^k x = 0$ pour un certain k, par M_ν l'espace engendré par les $M(A, \lambda_i)$ pour $|\lambda_i| = \alpha_\nu$, par $\overline{M}_\nu$ l'espace engendré par les M_r pour $1 \leqq r \leqq \nu$. Soit Q_{λ_i} la projection de rang fini associée à λ_i (1), et $\overline{Q}_\nu$ la projection somme des Q_{λ_i} pour $|\lambda_i| \leqq \alpha_\nu$. Désignons par N_ν celui des supplémentaires topologiques de $\overline{M}_\nu$ qui est défini par l'annulation de $\overline{Q}_\nu (N_0 = E)$.

Partant de la remarque suivante : *si* $x \in M(A, \lambda_1)$, *alors* $\sum_0^\infty \lambda_1^n A^n x$ *diverge*, nous démontrons le théorème suivant, valable pour $\nu \geqq 0$:

Théorème 2. — *Soit* $x \in N_\nu$, $x \neq 0$. *Ou bien* $x \in N_{\nu+1}$, *et alors* $r_A(x) > \alpha_\nu$; *ou bien* $x \notin N_{\nu+1}$, *et alors* $r_A(x) = \alpha_\nu$.

4. La théorie précédente nous fournit une méthode de calcul des modules α_ν des singularités de A dans son disque de Fredholm et des vecteurs annulés correspondants. Nous pouvons procéder de la façon suivante :

a. Recherche de $\alpha_1 = \min_{x \in E} r_A(x) = \lim_{n \to \infty} \| A^n \|^{-\frac{1}{n}} = \tilde{r}_A$. Ou bien $\alpha_1 = R_A$, et A n'a pas de singularité dans le disque ; ou bien $\alpha_1 < R_A$, et A possède une singularité au moins de module α_1, tandis que N_1 est caractérisé par $r_A(x) > \alpha_1$ et $\overline{M}_1$ par $x^*(x) = 0$ pour chaque $x^* \in E^*$ tel que $r_{A^*}(x^*) > \alpha_1$.

b. Recherche de $\alpha_2 = \min_{x \in E_1} r_A(x) = \lim_{n \to \infty} \| A^n \|_{N_1}^{-1/n}$; et ainsi de suite tant que les valeurs α_ν sont inférieures à R_A.

Nous ne savons pas calculer le rayon R_A lui-même par des procédés de ce genre. La méthode se simplifie d'une façon évidente pour $R_A = \infty$, en particulier pour A *compacte* (complètement continue).

5. Dans l'espace de Hilbert, une courte démonstration, supposant toutefois la théorie précédente, nous donne le

Théorème 3. — *Pour que le rayon de Fredholm* R_A *d'une transformation symétrique* A *soit infini, il faut et il suffit que* A *soit compacte. En ce cas, les maxima de* $1/r_A(x)$ *et ceux de la forme quadratique* (Ax, x) *coïncident sous les conditions usuelles.*

D'ailleurs, ayant démontré, pour les transformations symétriques, que $\tilde{r}_A = \| A \|^{-1}$, on peut obtenir rapidement, non seulement ce théorème, mais aussi les théorèmes de développement et d'approximation, ainsi que la solution des équations de première et deuxième espèces.

ÉLASTICITÉ. — *Équilibre des poutres droites.*
Note de M. **Henri Pailloux**, présentée par M. Henri Beghin.

Remarques sur la méthode à suivre pour appliquer un procédé d'approximation donné dans un Mémoire publié aux *Annales de l'École Normale supérieure de Paris.*

Dans un Mémoire antérieur ([1]), en partant des hypothèses de l'Élasticité, grâce à une approximation que l'on peut améliorer, nous avons donné une méthode permettant l'étude de l'équilibre d'une poutre droite chargée. Dans l'approximation du second ordre, qui revient à admettre une transformation affine dans chaque section droite de la poutre, nous admettons que pour une poutre placée suivant Ox, les composantes U, V, W de la déviation sont représentables par les développements

$$U(x, y, z) = u + a_1 y + a_2 z, \qquad V = v + b_1 y + b_2 z, \qquad W = w + c_1 y + c_2 z.$$

u, v, w, a_i, b_i, c_i, sont des fonctions inconnues de x vérifiant un système de neuf équations différentielles données dans le Mémoire cité ([2]). Nous avons aussi signalé ([3]) quelques différences avec les équations généralement admises.

Pour préciser ce dernier point, introduisons les éléments classiques de réduction du système des contraintes relatives à une section droite, N, T_y, T_z; C, M_y, M_z, et qui se réduisent aux efforts normal, tranchants, au couple de torsion et aux moments fléchissants, lorsque l'ellipse d'inertie de la section droite est centrée sur Ox et que ses axes sont parallèles à Oy et Oz. Dans le Mémoire, ces quantités sont désignées par les moyennes, prises dans une section droite, des fonctions suivantes : N_1, T_3, T_2, $yT_2 - zT_3$, zN_1, $-yN_1$.

Si l'on se reporte aux neuf équations de l'équilibre, on peut en extraire six qui, avec ces nouvelles notations, s'écrivent

$$\frac{dN}{dx} = -X, \qquad \frac{dT_y}{dx} = -Y, \qquad \frac{dT_z}{dx} = -Z,$$

$$\frac{dc}{dx} = \mathcal{B}_2 - \mathcal{C}_1, \qquad \frac{dM_y}{dx} = T_z - \mathcal{A}_2, \qquad \frac{dM_z}{dx} = -T_y + \mathcal{A}_1.$$

On a désigné par $\mathfrak{X}$, $\mathfrak{Y}$, $\mathfrak{Z}$ les composantes de la force extérieure agissant sur l'unité d'aire latérale, et par $\mathfrak{X}_1$, $\mathfrak{Y}_1$, $\mathfrak{Z}_1$ les composantes de la force agissant sur l'unité de volume de la poutre. On a posé de plus

$$X = \int \mathfrak{X}\,ds + \iint \mathfrak{X}_1\,dy\,dz, \qquad \mathcal{A}_1 = \int y\mathfrak{X}\,ds + \iint y\mathfrak{X}_1\,dy\,dz, \qquad \ldots.$$

Ces six équations sont identiques aux équations classiques; les termes supplémentaires représentent les composantes du moment des forces de volume ou de

([1]) *Quelques applications du Calcul fonctionnel à la Mécanique rationnelle*, 69, 1952, fasc. III, p. 213 à 257; en particulier, p. 249 et suiv.
([2]) p. 253.
([3]) p. 254 et 255.

surface agissant sur la tranche de poutre de longueur unité, le moment étant pris par rapport au point de Ox situé dans la section considérée (ces termes sont en général négligés). On peut, comme il est d'usage, remplacer ces six équations différentielles par six relations intégrales, exprimant N, ..., M_z en fonction des charges et réactions agissant sur la portion de poutre située au delà de la section considérée. Le procédé d'approximation proposé redonne donc exactement les relations rigoureuses de la Mécanique Rationnelle en ce qui concerne les efforts moyens. On détermine ainsi, en principe 6 des 18 constantes d'intégration.

La détermination de la déformation de la poutre est plus compliquée, car, en général, les neuf fonctions inconnues u, ..., c_2 ne peuvent être déterminées séparément. En outre il est nécessaire de déterminer les douze autres constantes d'intégration par les conditions d'extrémités. Ceci est indispensable, non seulement pour connaître la nouvelle forme de la poutre, mais aussi la répartition des tensions internes. Les notions usuelles d'appui simple, de rotule ou d'encastrement ne donnent pas de renseignements suffisants aux extrémités. Pour une extrémité libre, on doit écrire que les trois composantes des contraintes de la face terminale sont nulles identiquement; on annule ainsi trois formes linéaires en y et z, d'où neuf conditions. Suivant que l'on fixe 1, 2 ou 3 points dans cette face terminale, on obtient 3, 6 ou 9 conditions, car cela revient à se donner les valeurs de U, V, W. Pour un encastrement parfait, U, V, W sont identiquement nuls d'où neuf conditions. Pour une butée sans frottement, U est identiquement nul (trois conditions), et les contraintes sont normales (six nouvelles conditions). Les conditions d'extrémité peuvent être envisagées de bien d'autres manières.

Cette méthode d'approximation peut paraître plus complexe que le procédé élémentaire classique, par le nombre des fonctions inconnues et la difficulté relative aux extrémités. Cependant, elle permet de mieux tenir compte de ces dernières en s'approchant mieux de la réalité. Cette méthode se simplifie relativement dans le cas fréquent où le centre de gravité de la section est sur Ox constamment, et si les axes de l'ellipse d'inertie sont parallèles à Oy et Oz.

Des expériences sont en cours pour mettre en parallèle le calcul et l'observation.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur les différentes énergies d'activation d'un diélectrique.* Note (*) de M. **Paul Caillon**, présentée par M. Jean Cabannes.

En assimilant la polarisation dipolaire, telle que l'envisage Debye, à une réaction monomoléculaire, W. Kauzmann (1) a montré comment l'on pouvait

(*) Séance du 24 octobre 1955.

(1) *Rev. Mod. Phys.*, 14, 1942, p. 12.

calculer, en se fondant sur la cinétique des réations chimiqnes, l'énergie d'activation nécessaire à l'orientation d'un dipôle. Sa méthode consiste à déterminer par l'expérience la pente σ_D de la courbe représentant la variation du logarithme népérien du temps de relaxation dipolaire τ_D en fonction de l'inverse de la température absolue T. L'énergie d'activation pour la relaxation dipolaire $\Delta E_D^{\neq}$ est alors fournie ([2]) par la formule :

$$\text{(I)} \qquad \Delta E_D^{\neq} = R\sigma_D - RT,$$

où R est la constante des gaz parfaits et où σ_D est égal à $d\,\mathrm{Log}\,\tau_D/d(1/T)$.

Or des développements analogues à ceux de Kauzmann permettent tout aussi bien de définir une énergie d'activation $\Delta E_{MW}^{\neq}$ liée à l'effet Maxwell-Wagner de polarisation ionique et de la calculer par la formule ci-dessous, calquée sur la formule (I) :

$$\Delta E_{MW}^{\neq} = R\sigma_{MW} - RT,$$

où σ_{MW} est la pente de la courbe représentant la variation du logarithme népérien du temps de relaxation d'effet Maxwell-Wagner τ_{MW} en fonction de l'inverse de la température absolue, soit $d\,\mathrm{Log}\,\tau_{MW}/d(1/T)$.

Des travaux antérieurs ([3]) nous ayant conduit à examiner les propriétés diélectriques de certains hauts-polymères présentant à la fois, dans le même intervalle de températures, d'importants phénomènes de polarisation par orientation dipolaire et par effet Maxwell-Wagner, nous avons pensé qu'il pourrait être intéressant de comparer les énergies d'activation associées à ces deux types de polarisation.

Pour le chlorure et l'acétate de polyvinyle, nos résultats expérimentaux, entre 60 et 110°C, conduisent pour $\Delta E_D^{\neq}$ et $\Delta E_{MW}^{\neq}$ aux valeurs suivantes en kcal/mole :

	$\Delta E_D^{\neq}$.	$\Delta E_{MW}^{\neq}$.
Chlorure de polyvinyle.............	120	23
Acétate »	55	16

Même en remarquant que les calculs précédents comportent une certaine erreur (due à ce que les théories utilisées supposent, en toute rigueur, que les corps étudiés ne présentent qu'un seul temps de relaxation alors qu'en réalité ils en présentent une distribution assez étalée, ce qui contraint, dans les calculs ci-dessus, à utiliser le temps de relaxation le plus probable) on doit constater que les énergies d'activation correspondant à l'effet Maxwell-Wagner sont très inférieures à celles correspondant à l'orientation dipolaire

$$\Delta E_{MW}^{\neq} < \Delta E_D^{\neq}.$$

([2]) CH.-PH. SMYTH, *Dielectric Behavior and Structure*, p. 63, Mc Graw-Hill, 1955.

([3]) J. GRANIER et P. CAILLON, *Comptes rendus*, 239, 1954, p. 1025.

De plus, si l'on compare les énergies d'activation $\Delta E^{\neq}_{MW}$ et $\Delta E^{\neq}_{D}$ de l'acétate de polyvinyle à celle $\Delta E^{\neq}_{C}$ que Kauzmann donne pour l'énergie d'activation de conductibilité de ce même corps, soit 40 kcal/mole, il apparaît que

$$\Delta E^{\neq}_{MW} < \Delta E^{\neq}_{C} < \Delta E^{\neq}_{D}.$$

On peut donc en conclure que, dans de tels composés macromoléculaires non plastifiés, les barrières d'énergie $\Delta E^{\neq}_{D}$ s'opposant au mécanisme d'orientation dipolaire sont plus élevées que celles $\Delta E^{\neq}_{MW}$ et $\Delta E^{\neq}_{C}$ s'opposant aux déplacements des ions.

Ces résultats confirment également, pour les hauts-polymères linéaires, la complexité de la notion de viscosité microscopique, complexité déjà signalée par MM. P. Girard et A. Abadie (4) dans le cas de certains liquides.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Électrons Auger-K et électrons de conversion accompagnant la désintégration* $^{57}Co \xrightarrow{K, \beta^+} {}^{57}Fe$. Note (*) de MM. **Jean-Baptiste Bellicard** et **André Moussa**, présentée par M. Louis Leprince-Ringuet.

Étude des états excités du ^{57}Fe au spectrographe β à double focalisation. Détermination des énergies et intensités des groupes Auger-K, des raies de conversion K et L des γ de 122 et 136 keV et des raies de conversion K, L, M du γ de 14 keV.

Le ^{57}Co se désintègre par capture K et émission β^+ conduisant à un état excité du ^{57}Fe. Le retour à l'état fondamental se fait, soit par l'émission d'un quantum (γ_2) de 136 keV, soit par deux quanta en cascade (γ_1) de 122 keV et (γ_3) de 14 keV.

Le cobalt employé pour cette étude a été préparé au cyclotron par la réaction ${}^{56}_{26}Fe(d, n)\,{}^{57}_{27}Co$. Les différentes sources ont été préparées par évaporation sous vide du chlorure de cobalt sur des films de formwar aluminé dont la densité superficielle ne dépassait pas 20 μg/cm². Des précautions ont été prises pour avoir des sources minces et uniformes, les électrons à étudier ayant de faibles énergies. L'épaisseur des fenêtres employée pour obturer le compteur nous permettait d'éviter les corrections d'absorption. Pour l'étude des électrons Auger-K, nous avons utilisé une fenêtre de formwar aluminé de 10 μg/cm² transparente à 100 % à partir de 5 keV.

A. Étude des électrons Auger-K. — Nous avons pu relever les groupes KLL et KLX; le groupe KXY très faible est masqué par le pied de la raie de conversion (γ_3) dans K. Le graphique représente les deux groupes d'électrons Auger-K, et la raie de conversion de (γ_3) relevée avec une source plus intense.

(4) *J. Chim. Phys.*, 44, 1947, p. 313.

(*) Séance du 24 octobre 1955.

On a pu déterminer l'intensité relative de ces deux groupes

$$KLL/KLX = 1/0{,}20 \pm 0{,}01.$$

On a pu analyser sommairement les intensités relatives des groupes de raies KLL :

$$KL_IL_I/KL_IL_{II} + KL_IL_{III}/KL_{II}L_{II} + KL_{II}L_{III} + KL_{III}L_{III} = 1/2{,}33 \pm 0{,}2/6{,}65 \pm 0{,}6.$$

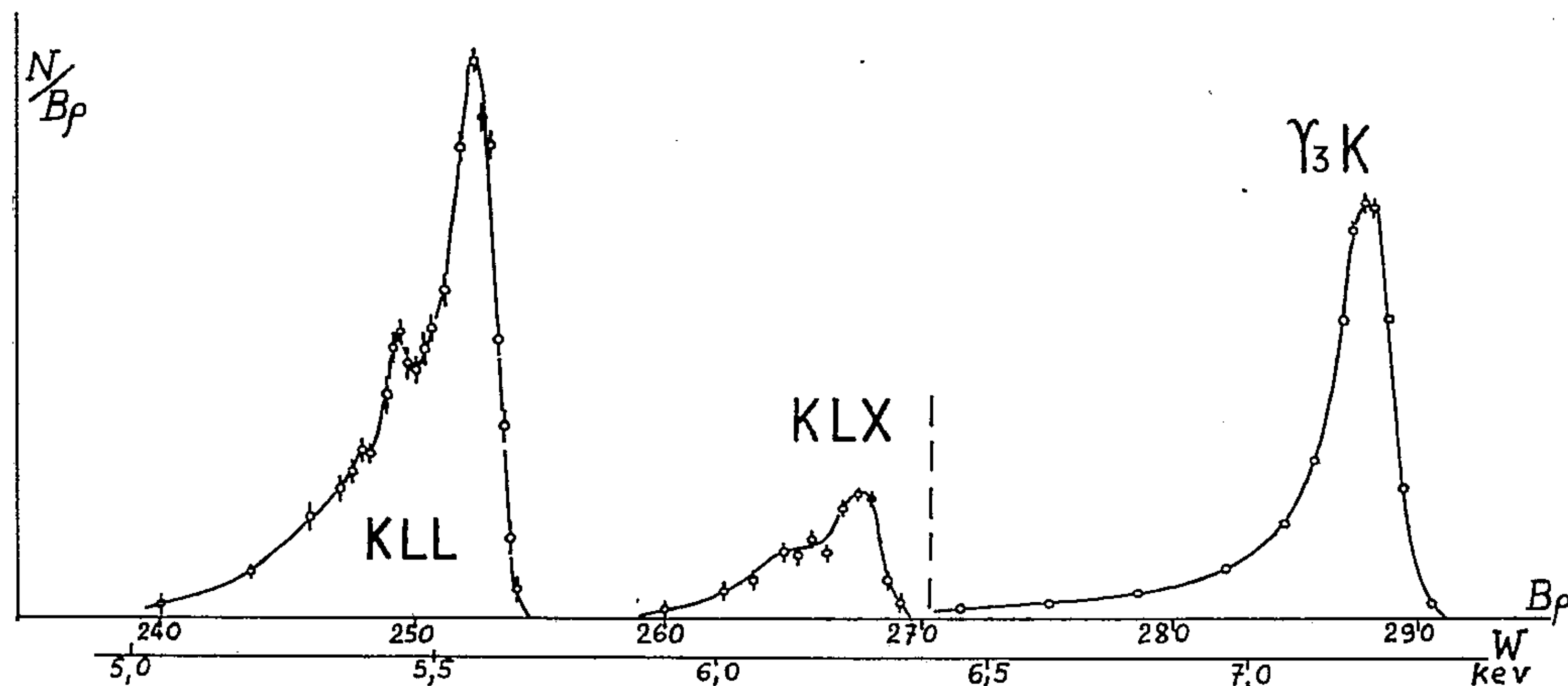
Les énergies correspondant au maximum de ces trois groupes ont été déterminées et comparées aux valeurs théoriques dans le tableau I.

TABLEAU I.

Groupe Auger.	Valeur théorique (V).	Valeur expérimentale (V).
KL_IL_I	5 342	5 376
$KL_IL_{II} + KL_IL_{III}$	5 484	5 446
$KL_{II}L_{II} + KL_{II}L_{III} + KL_{III}L_{III}$	5 612	5 570

La légère différence semble provenir de l'épaisseur de la source.

B. ÉTUDE DES ÉLECTRONS DE CONVERSION. — *a. Énergie des rayonnements* γ. — La détermination précise de l'énergie des raies de conversion K a été effectuée à la suite de l'étalonnage du spectrographe par les raies F et A du thorium B, relevées dans les mêmes conditions que les raies de conversion du ^{57}Co.



Les profils de raies de conversion dans la couche K ont été comparés à celui de la raie F suivant la méthode bien connue. La précision obtenue dans la détermination de l'énergie était de $2{,}5.10^{-4}$. On en déduit l'énergie des 3γ.

γ_1 : $121{,}94 \pm 0{,}03$ keV; γ_2 : $136{,}31 \pm 0{,}03$ keV; γ_3 : $14{,}37 \pm 0{,}01$ keV.

b. Nature des rayonnements γ. — Une source de $32\,\mu$C dont les dimensions permettent un pouvoir séparateur de 3.10^{-3} nous a permis de relever un

spectre d'électrons de conversion où les raies de conversion de γ_1 et γ_2 dans les couches K et L, d'une part, et de γ_3 dans les couches L et M sont parfaitement séparées. L'épaisseur de la source était suffisamment mince pour ne laisser apparaître aucun fond continu.

On a pu déterminer les rapports K/L des 3γ, et le rapport des coefficients de conversion dans la couche K des 2γ émis en cascade. Ils ont été comparés aux valeurs théoriques obtenues à partir des coefficients de conversion extraits des tables de Rose. Les résultats sont groupés dans le tableau II.

TABLEAU II.

Types de transition.	Valeurs théoriques. E1.	M1.	E2.	Valeurs expérimentales.
γ_3(K/L)	11,25	10,75	-	8,93 ± 0,14
γ_3(L/M)	-	-	-	9,1 ± 0,5
γ_1(K/L)	11,4	11,2	-	6,7 ± 0,6
γ_2(K/L)	-	-	11,5	8,2 ± 0,5
γ_1(K)/γ_3(K)	42,5	44,5	-	49,6 ± 1,5

Ces valeurs sont compatibles avec le schéma proposé par B. Crasemann et D. Manley (1). Pendant le dépouillement de ces résultats nous avons eu connaissance du mémoire récent de J. M. Cork, M. K. Brice et L. C. Schmid (2) qui donnent pour γ_3 les valeurs suivantes : K/L = 3 ; L/M = 4, estimées visuellement d'après les densités photographiques obtenues. Nous estimons que la différence avec nos résultats est due à la variation rapide de la sensibilité des émulsions dans cette région. Les valeurs obtenues ici sont parfaitement compatibles avec l'attribution à γ_3 du caractère dipôle magnétique, qui rend compte de la durée de vie de l'état excité de 14 kev, mesurée par M. Deutsch et W. Wright (3).

(1) *Phys. Rev.*, 98, 1955, p. 66.
(2) *Phys. Rev.*, 99, 1955, p. 703.
(3) *Phys. Rev.*, 77, 1950, p. 139.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Détermination de l'autodiffusion dans le chlorure de sodium mono et polycristallin.* Note (*) de MM. **Jean-François Laurent** et **Jacques Bénard**, présentée par M. Georges Chaudron.

Diverses recherches ont été faites depuis quelques années concernant l'autodiffusion des ions Na^+ et Cl^- dans le réseau cristallin de NaCl (1), (2), (3).

(*) Séance du 24 octobre 1955.
(1) M. Chemla, *Thèse*, Paris, 1954.
(2) D. Mapother, N. Crooks et R. Maurer, *J. Chem. Phys.*, 18, 1950, p. 1231.
(3) A. Murin et B. Lur'e, *Dokl. Akad. Nauk. U.R.S.S.*, 73, 1950, p. 933.

Dans ce domaine, deux questions semblaient cependant avoir été laissées de côté par les expérimentateurs : la vérification de l'isotropie de l'autodiffusion et l'influence des joints intercristallins. Nous nous proposons de résumer, dans cette Note, les résultats d'un ensemble d'expériences ayant pour but de préciser ces deux aspects importants du problème de l'autodiffusion dans les réseaux ioniques.

Les cristaux uniques utilisés dans la première partie de nos recherches provenaient du laboratoire de l'Office National d'Études et Recherches aéronautiques. Nous avons préparé les faces (100) directement par clivage de blocs monocristallins et les faces (110) et (111) par découpage à l'aide d'un fil humide circulant à grande vitesse. Les échantillons sont ensuite polis sur une peau de chamois imbibée d'eau, puis d'alcool et enfin portés pendant 20 h à 720° C avec montée et baisse de température très lentes. De cette façon toutes les perturbations superficielles qui auraient pu prendre naissance sont éliminées. La perfection des surfaces et leur orientation sont contrôlées par des diagrammes de Laue en retour.

Les éléments radioactifs utilisés pour les mesures (^{36}Cl et ^{22}Na) sont répartis sur les surfaces ainsi préparées par évaporation d'une suspension de NaCl marqué dans l'alcool absolu. L'épaisseur du dépôt obtenu est très régulière et de l'ordre de 10 μ. La diffusion s'opère dans des fours réglés à ± 1°. Après élimination des zones marginales, des tranches parallèles à la surface initiale sont prélevées dans les échantillons à l'aide d'un microtome, pesées et soumises au comptage. Les coefficients de diffusion D exprimés en $cm^2.s^{-1}$ sont déterminés au moyen de la formule

$$D = \frac{X_2^2 - X_1^2}{\log_{10} A_1 - \log_{10} A_2} \cdot \frac{10^{-10}}{3,31\, t}$$

dans laquelle t représente le temps en heures, X_1 et X_2 les distances, exprimées en 1/100e de millimètre, de la surface initiale aux points où l'activité spécifique de l'échantillon est A_1 et A_2.

Les constantes de diffusion de Na^+ et Cl^- dans NaCl monocristallin apparaissent, dans les limites de précision des mesures, indépendantes de l'orientation cristalline. En effet dans le diagramme $\text{Log}\, D = f(1/T)$ représenté sur la figure, les points obtenus suivant les trois directions cristallographiques principales se situent pour chaque type d'ion sur une droite commune (I*a* pour Na^+, II*a* pour Cl^-). Les équations correspondantes sont respectivement

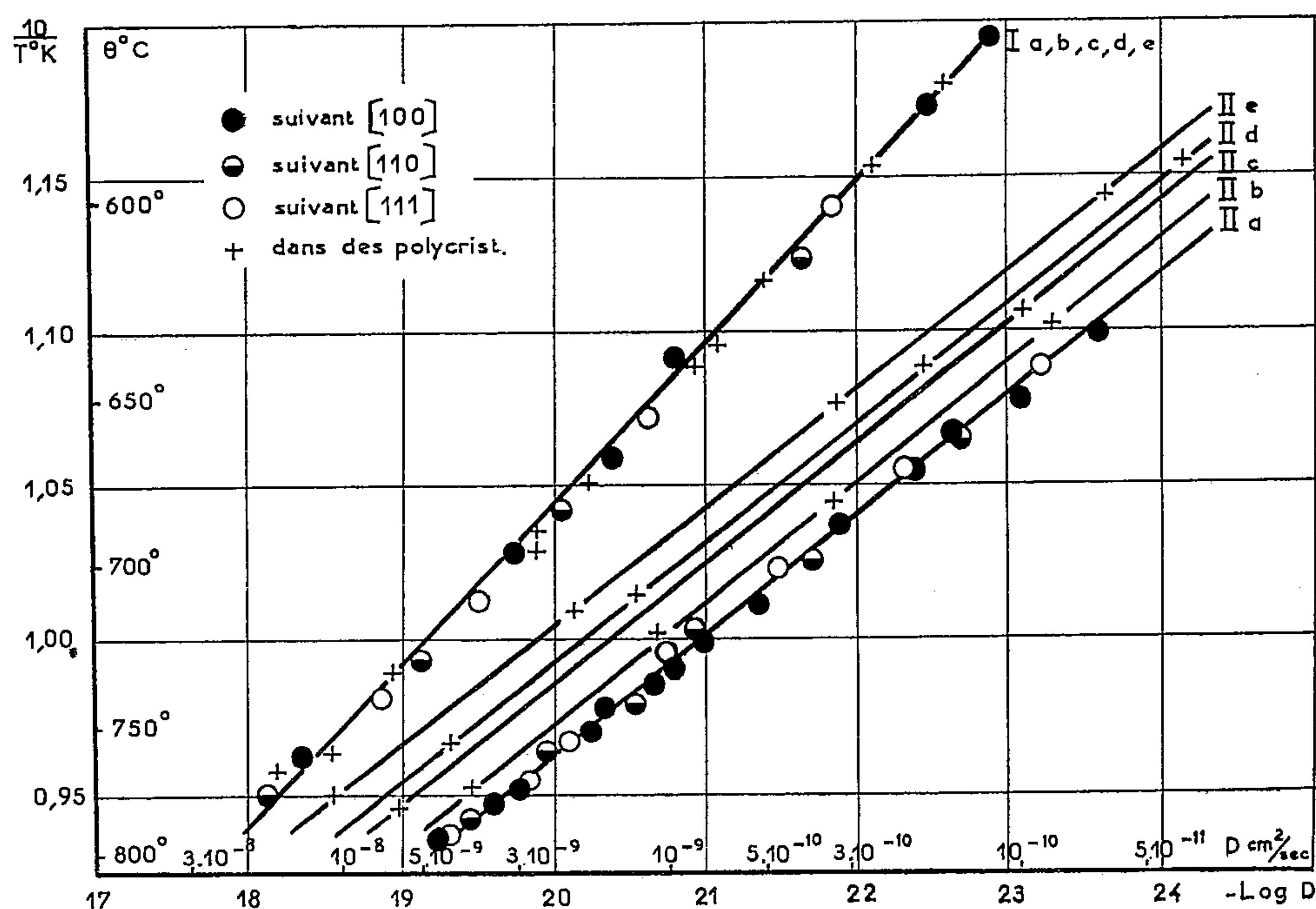
$$D_{NaCl}^{Na^+} = 0,5\, e^{-\frac{37\,000}{RT}} \quad \text{et} \quad D_{NaCl}^{Cl^-} = 110\, e^{-\frac{51\,400}{RT}}.$$

Les valeurs obtenues pour les énergies d'activation ($Q_{NaCl}^{Na^+} = 37\,000$ cal/ion ; $Q_{NaCl}^{Cl^-} = 51\,400$ cal/ion) semblent correspondre à un mécanisme de diffusion par les lacunes du réseau.

Les échantillons polycristallins utilisés pour l'étude de la diffusion aux joints des cristaux sont préparés à partir de poudre de différentes granulations comprimées sous 9 000 kg/cm² et chauffées 20 h à 750° C. Une étude préalable de l'influence de la pression sur la densité des pastilles frittées avait montré

qu'une pression de 4000 kg/cm² était suffisante pour atteindre la compacité maximum. La dimension moyenne des cristaux est déterminée après attaque d'un élément de surface par l'alcool dilué.

Les droites $\log D = f(1/T)$ relatives à la diffusion de Na^+ dans les échantillons polycristallins dont la dimension moyenne des cristaux varie de 3000 à 50 μ (I*b*, *c*, *d*, *e*) se confondent avec la droite I*a* relative aux échantillons



monocristallins. Dans le cas de Cl^- au contraire, la subdivision des cristaux entraîne un accroissement progressif de la constante de diffusion globale comme le montrent les droites II*b*, *c*, *d*, *e* relatives à des échantillons dont les cristaux ont respectivement pour dimension moyenne 3000, 180, 110 et 50 μ. Il est à remarquer que cet accroissement appréciable de la vitesse de diffusion (le rapport est de 2,7 lorsqu'on passe du cristal unique aux cristaux les plus petits) n'entraîne aucune modification perceptible de l'énergie d'activation.

Il résulte de ces expériences que dans le domaine de température exploré, la diffusion des ions Na^+ dans NaCl polycristallin s'opère avec la même vitesse que dans les cristaux uniques, tandis que la diffusion des ions Cl^- est d'autant plus rapide que les échantillons sont constitués par des cristaux plus petits. Dans ce dernier cas, le fait que l'énergie d'activation reste inchangée indique que l'accroissement de la vitesse de diffusion n'est pas dû à une modification de la hauteur de la barrière d'énergie que doit franchir un ion pour passer d'une position d'équilibre à une autre. Le comportement entièrement différent des sur-

faces intercristallines à l'égard de la diffusion des cations et des anions semble pouvoir être relié à la polarisabilité élevée de ces derniers. Nous nous proposons de préciser cette hypothèse en poursuivant nos expériences sur d'autres halogénures alcalins.

CHIMIE MINÉRALE. — *Action de l'acide phosphorique sur les halogénures très solubles de calcium.* Note de M[me] **Léone Walter-Lévy** et M. **Jean-Pierre Vincent**, présentée par M. Paul Pascal.

1. *Chlorophosphates de calcium.* — Nous avons précédemment spécifié (1) que les solutions de chlorure de calcium pouvaient donner naissance au chlorophosphate monocalcique $Cl_2Ca, (PO_4H_2)_2Ca, 2H_2O$, à la chlorospodiosite $Cl_2Ca, (PO_4)_2Ca_3$, ou à l'apatite $Cl_2Ca, 3(PO_4)_2Ca_3$, par additions respectives d'acide phosphorique, de phosphate monocalcique ou dicalcique.

Plus récemment, nous avons pu obtenir ces trois sels par addition d'acide phosphorique, uniquement en diminuant la quantité d'acide ajoutée : 1 g au lieu de 3 g à 100 cm³ de solution de chlorure.

Les durées des essais étant les mêmes que celles précédemment indiquées, la chlorospodiosite apparaît dans les solutions titrant de 52 à 54 % de chlorure anhydre à 150° et de 52 à 61 % à 175°; l'apatite prend naissance à 175° dans les solutions contenant de 44 à 52 % de chlorure anhydre.

Le chlorophosphate monocalcique précipite au-dessus de 41 % à 25°, 44 % à 50°, 50 % à 75°, 51 % à 100°, 52 % à 125°, 56 % à 150°. Les phosphates simples n'apparaissent plus.

Il est ainsi nettement établi qu'en outre de la température et de la concentration en chlorure, l'acidité du milieu conditionne la nature des phases solides, indépendamment de la forme sous laquelle elle est introduite.

2. *Bromophosphates de calcium.* — En substituant les solutions de bromure de calcium à celles du chlorure nous n'avons pu obtenir que des bromophosphates monocalciques (2).

L'hydrate $Br_2Ca, (PO_4H_2)_2Ca, 8H_2O$, en fines aiguilles pouvant atteindre 1 cm de longueur, se forme dans les solutions titrant de 53 à 58 % de sel anhydre à 0°, de 55 à 60 % à 25° pour des additions d'acide phosphorique égales à 1 g pour 100 cm³ de solution de bromure.

Le bromophosphate $Br_2Ca, (PO_4H_2)_2Ca, 2H_2O$, en paillettes, prend naissance dans les solutions de concentration en bromure supérieure à 60 %

(1) *Comptes rendus*, 240, 1955, p. 308.

(2) L'addition de phosphate mono et dicalcique aux solutions de bromures ne conduit qu'aux phosphates simples; le phosphate tricalcique donne une bromohydroxyapatite mal définie.

à 25°, 61 % à 50°, 62 % à 75°, 63 % à 100°, 64 % à 125°, 65 % à 150°, 66 % à 175° par addition de 1 g d'acide phosphorique.

Le sel anhydre $Br_2Ca, (PO_4H_2)_2Ca$, est obtenu par dessiccation à poids constant à 150° au bout de six semaines à partir de l'hydrate à $2H_2O$, et plus rapidement, en huit jours, par dessiccation sur l'anhydride phosphorique du sel à $8H_2O$. Ce bromophosphate peut perdre de l'acide bromhydrique et de l'eau en quantités notables sans que son diagramme de rayons X ne s'altère.

3. *Iodophosphate de calcium.* — A la température ordinaire, les solutions d'iodure de calcium, additionnées d'acide phosphorique peuvent donner de fines aiguilles de $I_2Ca, (PO_4H_2)_2Ca, 8H_2O$.

Les données analytiques, justifiant les formules données ci-dessus et relatives à la moyenne de plusieurs préparations, sont les suivantes :

	$\frac{X_2}{Ca}$.	$\frac{P_2O_5}{Ca}$.	$\frac{H_2O}{Ca}$.
$Cl_2Ca, (PO_4H_2)_2Ca, 2H_2O$	0,50	0,99	2,02
$Br_2Ca, (PO_4H_2)_2Ca$	0,50	1,03	0,98
$Br_2Ca, (PO_4H_2)_2Ca, 2H_2O$	0,49	1,01	1,96
$Br_2Ca, (PO_4H_2)_2Ca, 8H_2O$	0,52	0,99	5,05
$I_2Ca, (PO_4H_2)_2Ca, 8H_2O$	0,53	0,96	5,12

La stabilité des sels monocalciques décroît du chlorure à l'iodure qui est très fragile (³). Seul le chlorophosphate à $2H_2O$ résiste à l'action prolongée de l'alcool; tous sont détruits par l'eau. Les bromo et iodophosphates sont hygroscopiques.

Il est possible dans tous les cas d'observer les sels au microscope au sein de leurs solutions mères et d'obtenir des diagrammes de rayons X très nets en introduisant les échantillons entre deux feuilles de cellophane ou d'aluminium (⁴) dans le porte-pastille du monochromateur Guinier.

Les distances réticulaires en angströms et les intensités correspondantes sont données ci-après.

$Cl_2Ca, (PO_4H_2)_2Ca, 2H_2O$. — 8,60 f; 5,53 fff; 4,34 FF; 3,83 ff; 3,68 fff; 3,25 F; 3,02 ff; 2,99 FF; 2,84 ff; 2,82 F; 2,66 FF; 2,59 m; 2,56 f; 2,51 fff; 2,48 fff; 2,40 m; 2,33 ff; 2,28 f; 2,21 f; 2,19 ff; 2,13 fff; 2,12 fff; 2,09 m; 2,03 m; 1,99 f; 1,97 fff; 1,94 m; 1,91 f; 1,87 ff; 1,85 m; 1,84 m; 1,81 fff; 1,76 fff; 1,72 m; 1,71 fff; 1,69 fff; 1,66 ff; 1,64 fff; 1,63 ff; 1,59 fff; 1,57 fff; 1,53 m; 1,52 m; 1,47 fff; 1,45 m; 1,44 fff; 1,43 m; 1,42 m; 1,39 m; 1,37 f; 1,29 ff; 1,28 f.

$Br_2Ca, (PO_4H_2)2Ca$. — 10,2 m; 5,06 F; 4,66 F; 3,90 F; 3,49 fff; 3,38 fff; 3,29 FF; 3,12 f; 3,09 F; 3,04 ff; 2,96 F; 2,87 ff; 2,84 m; 2,80 ff; 2,75 m; 2,65 ff; 2,56 fff; 2,53 f; 2,47 m; 2,42 f; 2,38 m; 2,30 f; 2,22 ff; 2,17 m; 2,15 ff; 2,13 ff; 2,12 fff; 2,10 fff; 2,08 f; 2,06 f; 2,04 fff; 2,03 ff; 2,00 ff;

(³) Il s'altère même par pression entre papier filtre.

(⁴) Le diagramme est alors un peu affaibli, mais l'étalonnage se trouve réalisé directement.

1,98 fff; 1,94 f; 1,92 f; 1,89 ff; 1,85 m; 1,82 fff; 1,80 fff; 1,77 ff; 1,74 f; 1,68 ff; 1,64 ff; 1,61 fff; 1,58 fff; 1,56 fff; 1,54 ff; 1,51 ff; 1,49 fff; 1,47 ff; 1,46 ff; 1,42 ff; 1,38 ff; 1,35 ff; 1,34 fff; 1,33 fff; 1,32 fff; 1,31 fff; 1,29 fff; 1,28 ff.

$Br_2Ca, (PO_4H_2)_2Ca, 2H_2O$. — 8,98 fff; 4,43 m; 4,11 ff; 4,08 ff; 3,91 f; 3,34 F; 3,08 ff; 3,06 fff; 3,01 F; 2,92 f; 2,85 F; 2,70 FF; 2,60 F; 2,44 m; 2,38 ff; 2,34 m; 2,24 f; 2,16 f; 2,11 f; 2,03 F; 2,00 ff; 1,98 m; 1,95 ff; 1,92 ff; 1,87 f; 1,82 fff; 1,75 m; 1,70 ff; 1,66 f; 1,56 f; 1,53 ff; 1,49 ff; 1,47 ff; 1,46 ff; 1,44 m; 1,41 m; 1,32 fff; 1,28 f; 1,25 fff.

$Br_2Ca, (PO_4H_2)_2Ca, 8H_2O$.—4,68 m; 3,92 m; 3,31 FF; 3,14 m; 2,97 f; 2,86 F; 2,80 f; 2,76 f; 2,75 fff; 2,52 fff; 2,48 fff; 2,42 ff; 2,38 f; 2,32 m; 2,31 fff; 2,17 m; 2,15 fff; 2,08 m; 1,99 f; 1,94 fff; 1,92 fff; 1,89 ff; 1,86 F; 1,83 ff; 1,76 ff; 1,74 f; 1,70 ff; 1,64 fff; 1,61 f; 1,58 f; 1,54 ff; 1,53 fff; 1,51 ff; 1,48 f; 1,36 f; 1,33 fff; 1,32 fff; 1,28 f; 1,27 fff; 1,22 f.

$I_2Ca, (PO_4H_2)_2Ca, 8H_2O$. — 5,67 ff; 5,41 f; 4,71 m; 4,02 m; 3,98 m; 3,91 ff; 3,72 ff; 3,36 F; 3,32 FF; 3,29 ff; 3,23 f; 3,18 ff; 3,15 f; 2,98 fff; 2,94 F; 2,91 ff; 2,79 m; 2,75 f; 2,70 ff; 2,58 fff; 2,56 ff; 2,47 ff; 2,39 m; 2,34 ff; 2,33 f; 2,19 m; 2,14 fff; 2,11 f; 2,09 f; 2,07 m; 2,02 f; 1,99 f; 1,96 f; 1,89 m; 1,83 ff; 1,82 m; 1,74 m; 1,67 f; 1,65 ff; 1,62 ff; 1,60 ff; 1,58 f; 1,56 fff; 1,54 fff; 1,53 fff; 1,49 ff; 1,36 f; 1,34 ff; 1,31 fff.

Les sels à $2H_2O$ sont monocliniques ; les sels à $8H_2O$ et le bromure anhydre sont orthorhombiques.

Nous avons pu mettre en évidence une action comparable de l'acide phophorique sur les halogénures très solubles de calcium, aboutissant à la formation des halogénophosphates monocalciques isomorphes et de même formule $Cl_2Ca, (PO_4H_2)_2Ca, 2H_2O$ ou $Br_2Ca, (PO_4H_2)_2Ca, 2H_2O$ d'une part et $Br_2Ca, (PO_4H_2)_2Ca, 8H_2O$ ou $I_2Ca, (PO_4H_2)_2Ca, 8H_2O$, d'autre part. Toutefois les sels mixtes à base de phosphate tricalcique n'apparaissent que pour les chlorures.

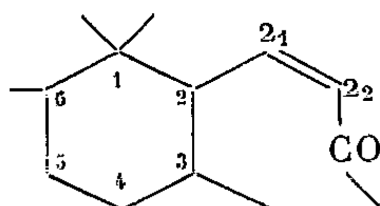
CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'iso-α-irone vraie* (*trans*-2.6, *cis*-2_1.2_2-*méthyl*-6, *α-ionone*). Note de M. **Yves-René Naves**, présentée par M. Marcel Delépine.

L'iso-α-irone précédemment décrite est, en réalité, la néo-iso-α-irone. L'iso-α-irone vraie vient d'être isolée et caractérisée.

Je rappelle la nomenclature que j'ai proposée (1) au sujet des irones (méthyl-6-ionones) : le préfixe iso désigne les cétones trans en 2, 6, le préfixe néo les cétones trans en 2_1, 2_2. Diverses considérations, dont certaines tirées de l'étude des spectres d'absorption infrarouge, m'ont conduit à admettre que

(1) Naves, *Helv. Chim. Acta*, 32, 1949, p. 969.

l'iso-α-irone préparée dès 1944 ([2]), caractérisée en particulier par sa phényl-4-semicarbazone F 174,5-175°,5, dédoublée récemment en ses antipodes ([3]) est, en réalité, la néo-iso-α-irone ([4]).



D'autre part, j'ai mentionné en 1953 ([5]) que les fractions les plus solubles dans l'alcool, F entre 155-158°, obtenues par la recristallisation du mélange des phényl-4-semicarbazones préparé à partir d'irone brute, paraissaient renfermer le dérivé de la cétone trans-2.6 stéréoisomère en 2_1, 2_2 de l'iso-α-irone alors connue. La purification de cette phénylsemicarbazone s'est révélée fort ardue et j'ai constaté que son hydrolyse s'accompagnait d'une isomérisation partielle. Aussi ai-je résolu de traiter des mélanges de phénylsemicarbazones enrichis de manière à livrer un hydrolysat à 60 % et de résoudre celui-ci par des distillations.

Celles-ci ont été effectuées en atmosphère d'azote et sous la pression de 0,05 à 0,10 mm, en utilisant de puissantes colonnes de distillation analytique, la purification ultime étant acquise par l'emploi d'une colonne à bande spiralée de 1 m de longueur, tournant à 1500 t/mn et munie d'une tête réfrigérante assurant un reflux total sur lequel était effectué un prélèvement de 2 %. L'efficacité de cette colonne équivalait à 35 plateaux théoriques pour un prélèvement de 0,8 g/h.

La cétone a été prélevée sur les distillats d'après la réfraction et les spectres ultraviolet et infrarouge; hydrogénée par la fixation de l'hydrogène moléculaire, elle a conduit à la semicarbazone de dihydro-iso-α-irone F 146-147°, à l'exclusion d'isomère.

Je compare ci-après quelques-uns des caractères de l'iso-α-irone (I) et de ses dérivés à ceux de la néo-iso-α-irone (II) et de ses dérivés, en les rapprochant de ceux de l'α-ionone vraie (cis-2_1, 2_2, α-ionone) (III) récemment préparée par G. Büchi et N. C. Yang ([6]) et de l'α-ionone « classique » (IV) qui est la néo-α-ionone ([4]).

Le spectre d'absorption infrarouge de l'iso-α-irone renferme les trois bandes de 1138, 1083 et 1052 cm^{-1} et la bande de 800 cm^{-1} correspondant aux

([2]) Naves, Grampoloff et Bachmann, *Helv. Chim. Acta*, 30, 1947, p. 609; Naves, *ibid.*, p. 2221; Naves et Grampoloff, *ibid.*, 32, 1949, p. 2552.

([3]) Y.-R. Naves, *Comptes rendus*, 237, 1953, p. 1167.

([4]) Naves et Ardizio, *Bull. Soc. Chim.*, 1955, M 1479, 1482, 1486. Naves et Lecomte, communication au XIVe Congrès International de Chimie, Zurich, 1955, (à l'impression).

([5]) Y.-R. Naves, *Bull. Soc. Chim.*, 1953, p. M 552.

([6]) *Helv. Chim. Acta*, 38, 1955, p. 1338.

bandes de 1140, 1083, 1052 et 803 cm^{-1} de celui de la néo-iso-α-irone, mais il se distingue de ce dernier notamment par la disparition de la bande de 984 cm^{-1} et par le presque effacement de celle de 998 cm^{-1}.

	I.	II.	III (5).	IV (7).
Cétones. d_4^{20}	0,9306	0,9326	–	0,9309
Cétones. n_D^{20}	1,49502	1,50010	1,4911	1,49798
Cétones. ERM$_D$ (RM$_D$ trouvée-calculée)	0,99	1,36	–	1,44
Spectres ultraviolets λ_{max} en mμ (ε) :				
Alcool 96 %	235,5 (9 550)	229 (15 500)	234 (6 550)	227,5 (14 250)
Isooctane	229 (9 830)	223 (14 900)	–	221 (14 800)
Phényl-4 semicarbazones (pour I et II).				
Semicarbazones (pour III et IV) :				
F	158,5–159°,5	174,5–175°,5	154–155°	142–143°
Spectres ultraviolets [λ_{max}, mμ(ε) ; alcool 96 %)	275 (17 100)	275 (37 150)	264 (5 020)	263,5 (30 200)
Dinitro-2,4 phénylhydrazones :				
F	151–152°	103–103°,5	–	151°
Spectres ultraviolets [λ_{max}, mμ(ε) ; $CHCl_3$].	380 (24 000)	382 (29 200)	–	382 (29 300)

Les différences entre les spectres ultraviolets des deux iso-α-irones ou de leurs dérivés ne sont pas inattendues (6), (8). Les valeurs basses de d, n_D et RM$_D$ de l'iso-α-irone par rapport à la néo-iso-α-irone doivent être étudiées d'après les conformations possibles relativement à l'anneau cyclohexénique.

L'odeur de l'iso-α-irone ne rappelle en rien l'odeur de violettes de la néo-iso-α-irone mais bien celles du bois de cèdre et du foin sec moisi.

Un mémoire détaillé consacré à la description de l'iso-α-irone et de ses dérivés paraîtra dans un autre recueil.

GÉOLOGIE. — *Les formations superficielles à silex du Nord de la France.* Note (*) de M. **Antoine Bonte**, présentée par M. Pierre Pruvost.

La résistance des silex aux agents d'érosion est telle qu'on les retrouve sous de multiples formes (galets, silex entiers, éclats de silex, sables de silex) à travers toutes les formations qui se sont déposées depuis le Crétacé.

Il est parfois facile de déterminer l'époque et le processus du remaniement, lorsqu'il s'agit, par exemple, de conglomérats de transgression. Par contre, les dépôts superficiels, englobés sous la désignation générale d'*Argile à silex*, ont donné lieu à de nombreuses controverses en raison

(7) Y.-R. Naves, *Helv. Chim. Acta*, 30, 1947, p. 770; *Bull. Soc. Chim.*, 1950, p. D 106.

(8) *Cf.* Gillam et Stern, *Electronic adsorption spectroscopy*, Londres, 1954, p. 233.

(*) Séance du 24 octobre 1955.

des confusions dont ils ont été l'objet. Et pourtant, dès l'origine, Hébert à la suite de Laugel reconnaissait la nécessité de distinguer deux formations à silex, déjà soupçonnées par Desnoyers (1856). Malgré celà, la confusion n'a pas cessé de régner, aussi bien pour la position stratigraphique que pour le mode de formation de l'argile à silex. Le dernier essai de synthèse est l'œuvre de P. Pinchemel [1] qui, mettant à part le conglomérat à silex, a eu le mérite de distinguer une argile noire à silex et une argile rouge à cailloux.

A l'occasion d'un travail de coordination des formations à silex du Nord de la France, j'ai essayé de préciser leur composition et leurs rapports mutuels, ce qui m'a amené à distinguer plusieurs groupes pour lesquels je propose de nouvelles définitions.

1. *Conglomérat à silex.* — Ce n'est pas à proprement parler une formation superficielle, bien qu'elle soit l'équivalent du bief à silex inférieur de l'Artois de Gosselet. C'est le conglomérat de transgression infraéocène, partout présent, mais souvent à l'état rudimentaire. Il est formé de silex très usés, parfois bien arrondis, présentant un enduit de glauconie, dans une matrice de sable argileux et glauconieux.

2. *Argile à silex proprement dite.* — Dès 1872, Hébert proposait de réserver ce terme, déjà employé en 1855, au dépôt argileux, situé à la base de l'Éocène. Il s'agit d'une argile collante noire ou brune, résidu de décalcification, enrobant des silex entiers recouverts seulement d'un enduit noir. Elle tapisse la paroi des poches de dissolution de la craie et n'a pratiquement qu'une très faible épaisseur.

3. *Limon rouge à silex* (Leymerie et Raulin, 1858). — Ce terme s'applique aux formations à silex en nappes épaisses (10 à 40 m) des plateaux d'Othe et du Pays de Caux; par extension il doit désigner le diluvium des plateaux de l'Artois; il correspond en outre pour partie : *a.* à la " Clay with flints " des géologues anglais, dont seule la partie inférieure contient des silex à enduits noirs que l'on doit rapporter à l'argile à silex proprement dite; *b.* au bief à silex supérieur de Gosselet; *c.* à l'argile rouge à silex ou argile rouge à cailloux de Pinchemel.

Topographiquement le limon rouge à silex occupe le sommet des plateaux; il contient essentiellement des silex parfois volumineux, entiers ou brisés, à patine blanche et à enduits rougeâtres. Les silex sont, suivant les points, de nature homogène ou, au contraire, d'origine différente. A côté des silex normaux, on trouve des éléments étrangers tels que : galets de silex, grès ferrugineux, etc., mais en quantité beaucoup plus faible. Le tout est emballé dans une matrice décalcifiée argileuse, argilo-sableuse ou

---

[1] *Thèse Lettres*, Paris, 1954, p. 99.

sableuse, de teinte variable mais à dominante rougeâtre, à répartition irrégulière.

4. *Diluvium.* — J'ai conservé le mot dilivium, qui n'a jamais été bien défini, avec le sens restrictif d'alluvions anciennes. Cette formation est donc disposée en terrasses ou en banquettes sensiblement horizontales vers la partie basse des vallées.

Le diluvium est constitué de cailloux usés sans jamais être arrondis comme les galets marins. Ces cailloux sont en majorité des silex de la craie auxquels s'adjoignent des fragments de calcaire, de craie, de grès divers et, plus généralement, de toutes les roches affleurant dans le bassin versant. C'est le diluvium gris des auteurs, à éléments calcaires, qui passe vers le haut au diluvium rouge (*pro parte*) dépourvu de calcaire, suivant un processus parfaitement décrit par Van den Broeck et analogue à celui qui donne naissance aux poches de dissolution.

5. *Bief à silex.* — Introduit dans la nomenclature géologique par de Mercey en 1872, ce terme ne doit plus correspondre qu'à une partie du bief à silex supérieur de Gosselet, de l'argile rouge à cailloux de Pinchemel et du diluvium rouge des auteurs.

Le bief à silex renferme de nombreux silex d'origine variée, toujours éclatés et à angles vifs, à peine patinés quand ils le sont, accompagnés de quelques éléments étrangers comme dans le limon rouge à silex. La gangue, apparemment moins argileuse, semble répartie de façon plus homogène. Alors que le limon rouge à silex formait des nappes étendues sur des zones à faible pente, le bief à silex, simple limon de lavage, se dispose en traînées plus ou moins larges sur les pentes des vallées actuelles.

Je passe sous silence les limons à silex, dans lesquels les éclats s'amenuisent de plus en plus, et les alluvions récentes des rivières qui renferment aussi en abondance des silex en provenance de toutes les formations à l'affleurement.

Cette division des formations superficielles à silex ne correspond pas à des entités parfaitement tranchées. Basée sur la nature pétrographique des éléments enrobés, d'une part, de la matrice, d'autre part, et sur la position topographique par rapport aux grandes lignes du relief actuel, elle a simplement pour but, dans une série complexe et variable, de poser quelques jalons. En fait, les groupes ainsi définis, et qui pourront se retrouver dans d'autres régions, présentent des variétés locales et passent progressivement l'un à l'autre, ce qui rend parfois la détermination délicate.

La permanence des concrétions siliceuses (silex, cherts, chailles, meulières) en dépit des actions mécaniques et chimiques qui s'exercent sur elles, explique la complexité des argiles dites à silex qui toutes renferment des éléments identiques, fraîchement dégagés ou déjà remaniés, évoluant inlassablement, mais par des voies différentes, vers leur destruction totale.

GÉOLOGIE. — *Interprétation nouvelle des formations marno-dolomitiques minéralisées de la région des Malines (Gard).* Note de M. **François Foglierini**, présentée par M. Pierre Pruvost.

A la lumière de données récentes (sondages, travaux miniers), il semble que l'interprétation admise jusqu'à présent pour la structure géologique de la région des Malines soit à reconsidérer.

Le problème réside en l'attribution d'un âge à la série marno-dolomitique salifère dont les horizons minéralisés justifient l'exploitation des Mines des Malines. Ces formations rigoureusement azoïques sont ici comprises entre la dolomie bathonienne, très constante dans la région, et une série dolomitique inférieure, très puissante, également azoïque.

Hypothèse ancienne. — G. Drapier ([1]), Grandjean ([2]), et les anciens exploitants miniers considéraient par analogie avec les coupes régionales la série stratigraphique comme continue sous le Bathonien, celui-ci reposant sur un Bajocien représenté par la série marno-dolomitique. La dolomie sous-jacente à cet ensemble était attribuée à l'Hettangien.

Cette interprétation des faciès supposait une lacune stratigraphique du Lias supérieur, confirmée par une discordance angulaire reconnue dans les travaux miniers (Travers-banc du niveau 330 d'Alby-Fontbonne).

Critique. — La critique de cette hypothèse fait ressortir deux contradictions : 1° Les différences de faciès, notables, entre le Bajocien daté de la vallée de la Vis, et la série marno-dolomitique salifère, d'une part; et, d'autre part, entre la dolomie hettangienne et la dolomie sous-jacente aux formations marno-dolomitiques.

2° L'existence d'une autre discordance angulaire (20°), entre la série marno-dolomitique salifère et la dolomie bathonienne (coupe du flanc septentrional du Pic d'Anjean), incompatible avec une sédimentation continue entre le Bathonien et le Bajocien (supposé).

Données récentes. — 1° Dreyfuss ([3]) a observé dans le vallon du Carteyral un amincissement très net du Bajocien en direction des Mines des Malines.

2° Un sondage vertical descendant, exécuté dans la galerie 330 du quartier Malines, ayant pour but de reconnaître le Trias sous-jacent à l'Hettangien, dans l'hypothèse ancienne, ne recoupa que des dolomies sur 40 m d'avancement. Implanté à 133 m sous les marnes, dans la dolomie,

---

([1]) *XLIe Congrès de l'Association française pour l'Avancement des Sciences*, Nîmes, 1912.

([2]) *Rapport sur les Concessions de Saint-Félix et d'Anjean*, Paris, 1927.

([3]) *Bull. Carte Géol. France*, n° 193, 39, 1937, p. 171-173.

ce sondage indiquait pour les formations supposées hettangiennes une puissance minimum supérieure à 173 m, fait en contradiction avec les observations de Dreyfuss, au Carteyral, où l'Hettangien a une puissance reconnue d'environ 80 m.

3° Un sondage (Tude 2) exécuté sur la crête entre le vallon du Carteyral et le versant des Malines a confirmé : la disparition du Bajocien, la puissance locale de l'Hettangien (90 m). Ce sondage révèle en outre, l'existence sous l'Hettangien d'une série marno-dolomitique salifère, bariolée, minéralisée, présentant de grandes analogies lithologiques et métallogéniques avec les affleurements triasiques connus dans la région. Ces formations d'une puissance réelle de 70 m, reposent sur une série dolomitique non reconnue en profondeur par le sondage, mais présentant sur les carottes de grandes analogies pétrographiques avec les dolomies du travers-banc 330 de la Mine et les dolomies géorgiennes dites de Montdardier [4].

Hypothèse proposée. — Les analogies pétrographiques et métallogéniques constatées, entre les séries marno-dolomitiques des Malines et les séries triasiques proches, d'une part; entre les dolomies géorgiennes de Montdardier et les dolomies sous-jacentes aux formations minéralisées des Malines, d'autre part, permettent d'attribuer un âge triasique à la série marno-dolomitique considérée.

Cette hypothèse entraîne l'existence locale d'une lacune totale du Lias, accompagnée d'une réduction de puissance notable de la série marno-dolomitique du Trias transgressif sur le Primaire.

Cette nouvelle interprétation semble confirmée :

1° par les résultats du sondage Tude 1, qui montre sous le Bathonien, la disparition totale de l'Hettangien, l'existence d'un Trias à puissance réduite (50 m), marqué à la base par un conglomérat à éléments subanguleux, minéralisé (B. P. G. à Barytine). L'ensemble repose sur la dolomie géorgienne;

2° par les travaux miniers dans leur ensemble, permettent d'observer une augmentation sensible de la puissance du Trias d'Ouest en Est, du quartier Malines (et le sondage Tude 2) vers le quartier Fontbonne (et le sondage Tude 1). Cette disposition est due à la présence d'un bombement du substratum géorgien culminant dans la région des Malines. Les formations de l'Hettangien subissent une variation de puissance parallèle à celle du Trias, mais plus brutale (0 à 100 m), marquée par un biseau à 45°, observable à l'extrémité Sud des différents niveaux du quartier Fontbonne.

Ainsi, l'attribution au Trias des formations marno-dolomitiques des Malines, la reconnaissance locale de la lacune de tout le Lias, concordent

---

(4) DEMAY, *Mémoires Carte Géol. de la France.* Tectonique antéstéphanienne du Massif Central, 1948, p. 197.

avec les observations de Dreyfuss et de G. Gottis (5) dans la vallée de la Vis, concernant l'existence d'un dôme dit de Gornies. Les exploitations actuelles sont localisées dans les formations secondaires de couverture, à proximité immédiate du sommet et sur le flanc oriental de ce dôme.

GÉOLOGIE. — *Constitution géologique de la région de Cholet, d'après la deuxième édition de la carte au* 80 000e. Note de M. **Gilbert Mathieu**, présentée par M. Pierre Pruvost.

La structure géologique de la région de Cholet, elle qu'elle se manifeste après la révision de la carte géologique au 1/80 000e (pour la 2e édition de cette feuille), apparaît nettement comme à un carrefour de plis à la limite Bretagne, Anjou et Poitou.

1. *Les directions de plissement.* — L'anticlinal des Cornouailles (1) traverse en diagonale ce secteur depuis Aigrefeuille jusqu'à Châtillon-sur-Sèvre; il est occupé en majeure partie par un gros batholite de granite, mais le cristallophyllien apparaît sur les bords Nord et Sud. Il est bordé au Sud-Ouest par la lentille synclinale du Briovérien de La Guyonnière, suivie par l'anticlinal gneissique de Montaigu (Vendée) et enfin par le sillon houiller à Malabrit-Vieillevigne.

A ce faisceau des plis sud-armoricains s'oppose l'anticlinal des gneiss, micaschistes inférieurs et amphibolites du Loroux-Bottereau à Saint-Laurent-des-Autels, qui présente la direction dite du Léon. Le Briovérien du plateau des Mauges qui vient s'appuyer normalement sur les amphibolites bien stratifiées de Saint-Christophe-de-la-Couperie dessine des ondulations en direction purement du Léon : le synclinal de La Boissière-du-Doré, l'anticlinal avec amphibolite et phtanite de La Regrippière-Le Fief-Sauvin, le synclinal de Beaupréau-Chanzeau (avec assise de cipolin surmonté de schiste vert en plaquettes).

Ces deux systèmes de plissement s'affrontent suivant une ligne Montfaucon, Vallet, La Haie-Fouassière. Ainsi le large territoire schisteux du Briovérien des Mauges au Nord de Cholet entre Bocage vendéen et bassin d'Ancenis vient se laminer à l'Ouest dans l'étroite dépression des Goulaines [synclinal de Nantes de L. Bureau (2)]. Ce laminage systématique vers l'Ouest des éléments structuraux de la feuille de Cholet est accompagné également par le relèvement des multiples bandes des quartzites et poudingues de Trémentines (3), puis par la terminaison du bassin des

(5) G. Gottis, *Rev. Inst. Franç. Pétrole*, 7, n° 11, 1952.

(1) Ch. Barrois, *Soc. Géol. France. Livre Jubilaire*, 1, 1930, p. 84.

(2) *Géologie de la Loire-Inférieure*, Grimaud, Nantes, 1900, pl. III.

(3) G. Mathieu, *Ann. Soc. Géol. Nord*, 59, 1934, p. 156.

rhyolites de La Plaine Chanteloup, enfin par l'écrasement du granite syncinématique de Thouars dans l'apophyse des mylonites d'Yzernay à Toutlemonde, s'allongeant même jusqu'à La Seguinière.

Il y a, au point de vue pétrographique, un curieux phénomène de convergence dans la structure entre les rhyolites métamorphiques et recristallisées de Trémentines (au Nord de Cholet) et les fines mylonites de Toutlemonde-La Séguinière qui prennent un aspect stratifié avec lits de mica chloritisé. M. J. Cogné ([4]) a relevé un fait analogue avec les « hälleflints » de Bretagne méridionale.

2. *Allure des batholites de granite.* — Le gros batholite de granite à deux micas de Torfou-Tiffauges élargi à l'Est vient se rétrécir à l'Ouest vers Aigrefeuille. D'autres batholites s'enfoncent en profondeur vers l'Ouest, où ils se manifestent par un grand nombre d'îlots, qui témoignent de leur prolongement souterrain : tel est le cas du granite de Vezins et du granite des Aubiers, entre Maulevrier et Cholet.

Les granulites postérieures aux granites recoupent ceux-ci : au Sud d'une ligne Haute-Coulaine, Le May-sur-Evre, il existe un faisceau d'étroites bandes granulitiques, orientées au Nord-Ouest-Sud-Est, qui traversent, soit le Briovérien, soit les granites.

Entre les plis des Mauges (direction du Léon) et l'anticlinal gneissique Clisson-Tiffauges, le petit massif granulitique situé entre Vallet et Landreau présente des apophyses mylonitiques, celle de La Chapelle-Heulin vers le Sud-Ouest et celles du château de Beauchêne et de la Dornière vers l'Ouest. Le petit massif granulitique de Saint-Germain-sur-Moine s'allonge aussi en une petite apophyse vers l'Ouest.

3. *Tectonique générale.* — Le Briovérien, très peu métamorphique au Sud des Mauges, dont les pendages sont Sud 25 à 45°, s'enfonce sous les gneiss, amphibolites, granite de l'anticlinal des Cornouailles, tandis que sur le flanc Sud de ce même anticlinal les gneiss de Treize-Septiers sont disposés Sud-Ouest 75° ou subverticaux. On doit donc en conclure que le *Cristallophyllien* du Nord du Bocage vendéen constitue un large pli couché poussé sur le pays des Mauges, ce dernier en style tectonique doucement ondulé. La ligne d'écrasement Est-Ouest des mylonites d'Yzernay-Toutlemonde se prolonge par la zone d'affrontement des plis du Bocage vendéen (sud-armoricains) et des Mauges (du Léon). La région choletaise est donc divisée en deux secteurs, très différents, par une longue ligne de dislocation d'Yzernay vers Haute-Goulaine, par le Nord de Cholet, La Séguinière, Roussay, Saint-Germain-sur-Moine, Vallet; l'un offre le style assez plat des Mauges, l'autre, le style subvertical du Bocage vendéen.

Dans ce long pli faille d'Yzernay-Vallet (qui est en même temps une

([4]) *Bull. Soc. Géol. France* (6e sér.), 4, p. 729.

zone d'écrasement), il s'est produit un entraînement des granites syncinématiques, qui se gonflent au contraire en un gros batholite à l'Est (feuille de Saumur).

Là où cette fracture atteint le flanc Nord de l'anticlinal des Cornouailles, de Montfaucon à Vallet, il y a eu formation de *migmatites hétérogènes* avec blocaux d'amphibolites cimentés par les granulites (coupe de la tranchée de la route de Vallet à Tilliers).

GÉOLOGIE. — *« Biostasie » et « Rhexistasie ». Esquisse d'une théorie sur le rôle de la pédogenèse en tant que phénomène géologique.* Note de M. **Henri Erhart**, présentée par M. Pierre Pruvost.

La théorie qui est esquissée ci-après a pour but d'attirer l'attention sur les causes originelles de certains faits stratigraphiques et biologiques, en faisant appel aux phénomènes de la pédogenèse et aux variations du couvert végétal des continents.

La clef du problème peut être aperçue dans l'observation des latérites et des argiles latéritiques forestières anciennes, provenant de roches silicatées primaires, analogues à celles qui ont pu constituer la surface des premiers continents. Au cours de leur évolution pédogénétique, de telles roches perdent, non seulement toutes les bases alcalines et alcalino-terreuses qu'elles pouvaient contenir, mais aussi la plus grande partie de la silice autre que le quartz. Le fer, l'alumine, et l'argile résiduelle restent sur place. Il est essentiel de considérer que ces formations pédogénétiques ne peuvent se concevoir sans l'existence d'une forêt dense et extrêmement ancienne. Ce n'est que grâce à cette forêt que la décomposition des silicates a pu être assez intense pour élaborer des matériaux nouveaux sur une échelle d'importance géologique. La forêt joue, par ailleurs, un rôle capital dans la séparation de ces matériaux en deux phases : la *phase migratrice* (bicarbonates de Na, K, Ca, Mg, micelles de silice hydratée) et la *phase résiduelle* (hydroxydes de fer et d'alumine, argile du type kaolinite). Cette séparation a lieu par le simple fait que dans une forêt dense l'érosion mécanique est pratiquement nulle et que seuls les éléments de la première phase peuvent quitter le continent, la forêt jouant ainsi le rôle de filtre-séparateur des éléments élaborés au cours d'une grandiose réaction géochimique.

Il suffit alors de se représenter, dans les temps géologiques, des continents entiers, ou des portions de continents, intégralement couverts d'une sylve dense, c'est-à-dire n'ayant pas de relief suffisamment élevé qui pourrait exclure l'existence de la forêt, pour comprendre que certaines roches calcaires, craies et dolomies, ainsi que certaines roches à silice

hydratée, doivent être les contemporains et les témoins de l'histoire forestière des continents. Ces matériaux ont pu s'accumuler à l'état presque pur pendant des millénaires et des millions d'années, tant que les continents sont restés sans trouble tectonique ou volcanique et sans modification climatique importante, qui auraient été susceptibles de faire disparaître la forêt. De tels sédiments sont donc les indices d'une stabilité très grande de l'écorce terrestre, et caractérisent une période d'équilibre, au cours de laquelle les êtres organisés ont pu atteindre leur « Climax » et leur développement maximum (Biostasie).

En développant la théorie, il apparaît que les argiles, sables, produits ferrugineux et bauxitiques, qui constituent les éléments résiduels de la pédogénèse forestière accumulés au cours des périodes biostasiques, n'ont pu être exportés des continents qu'après la disparition de la forêt, à la suite d'une rupture d'équilibre climatique et biologique (Rhexistasie). Ils devaient logiquement être les premiers à se superposer aux sédiments engendrés par la phase migratrice, et devaient être suivis par des formations détritiques diverses, à minéraux primaires relativement frais, provenant de l'attaque des roches, après érosion des sols. Des conglomérats ont pu être élaborés sur une grande échelle, si le relief a été fortement rajeuni par des mouvements orogéniques.

La Note présente ne permettant pas de développements plus détaillés, on ne fait qu'attirer l'attention sur les conséquences que nous devons prévoir, lorsque les continents sont couverts d'un manteau de savanes, de forêts sèches, ou, d'une manière générale, de végétations qui ne protègent qu'insuffisamment le sol contre l'érosion, et qui conduisent à des types de sols très différents des sols forestiers tropicaux. On peut montrer que l'érosion de ces sols engendre des sédiments comme certaines marnes à minéraux argileux autres que la kaolinite, des sédiments à minéraux primaires incomplètement altérés ou des sédiments constitués par les deux phases de la pédogénèse.

Dans le cas où la surface des continents est constituée par d'anciens sédiments, les différents types de pédogénèse qui peuvent s'y accomplir conduisent nécessairement à des sédiments bien définis. Ce sont toujours les mêmes éléments chimiques qui composent respectivement la phase migratrice et la phase résiduelle dans les conditions phytogéographiques données. Ceci explique pourquoi l'évolution des matières minérales qui constituent les roches-mères des sols se fait en des cycles toujours semblables à travers le temps, et engendre des séries stratigraphiques analogues.

La pédogénèse apparaît donc comme un phénomène dont la connaissance est essentielle pour la compréhension de la genèse des roches sédimentaires. S'ajoutant aux autres phénomènes par lesquels on a pu expliquer jusqu'à présent l'origine des différentes roches, les conceptions pédo-

génétiques nous permettent surtout de mieux comprendre les causes originelles de la concentration d'éléments chimiques définis, en invoquant le rôle de filtre-séparateur que notre théorie assigne à la forêt. Ainsi, par exemple, le pullulement extraordinaire de certains organismes et micro-organismes à test calcaire, magnésien ou siliceux qui a eu lieu à certaines époques, et qui a conduit aux puissants dépôts biochimiques que nous connaissons, apparaît comme une conséquence logique de la pédogénèse forestière, s'exerçant sur un substratum minéralogique déterminé, susceptible de libérer, sous une forme assimilable, les éléments chimiques nécessaires à l'édification des tests (bicarbonates de Ca et Mg, micelles de silice colloïdale). L'ordonnancement vertical de certaines séries stratigraphiques s'expliquerait d'une manière analogue par la considération des paysages phytogéographiques qui se sont succédés sur les continents.

Il convient de faire remarquer que la théorie de la Bio-Rhexistasie ne fait appel à aucun bouleversement tectonique, mais seulement à des variations climatiques relativement peu importantes qui se produisent à l'intérieur des grands cycles, encadrés par les chaînes et les grands mouvements eustatiques. Mais ces variations ont eu, chaque fois, des conséquences géologiques non négligeables, par le fait qu'elles ont modifié totalement tout le chimisme de l'altération des surfaces continentales. Elles pourraient expliquer aussi, pour une grande part, certains faits de l'évolution biologique qui s'est opérée sur les continents et les océans.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Sur le sorbitol des Rosacées.*

Note (*) de M. **Victor Plouvier**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Découvert par Boussingault en 1872 dans les fruits de *Sorbus aucuparia*, le sorbitol $C_6H_{14}O_6$ a été retrouvé dans les fruits de nombreuses Rosacées Pomoideæ et Prunoideæ (Vincent et Delachanal 1889, Reif 1934, Strain 1937). Il a rarement été signalé dans les organes végétatifs (seulement les feuilles de quelques arbres fruitiers). Le présent travail a pour but de rechercher le sorbitol notamment dans les organes végétatifs, les fruits de genres ou espèces non encore examinés, chez des plantes choisies dans les quatre sous-familles principales afin de préciser sa répartition chez les Rosacées.

En raison de la cristallisation difficile du sorbitol, plusieurs auteurs préconisent son obtention par l'intermédiaire de composés cristallisables : Vincent et Delachanal le combinent avec l'aldéhyde benzoïque, Strain avec la pyridine. Les méthodes d'extraction déjà décrites pour les éthers méthyliques des inositols ([1]) m'ont permis d'obtenir le sorbitol pur dans 30%

(*) Séance du 24 octobre 1955.

([1]) V. Plouvier, *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 1842; 227, 1948, p. 85 et 225.

des cas, sans utilisation de composé intermédiaire. Les solutions qui n'ont pas cristallisé ont été évaporées à consistance d'extrait sec. L'acétylation de ces extraits par l'anhydride acétique et l'acétate de sodium fournit sans difficulté le dérivé hexacétylé à l'état cristallisé, même pour de très faibles quantités de sorbitol. Identification par le point de fusion (sorbitol 90-92°, dérivé acétylé 99°) et la comparaison avec des produits de référence.

Les recherches ont été effectuées sur les 73 Rosacées suivantes (genres classés selon Engler) :

1° SPIRÆOIDEÆ. — *Physocarpus bracteatus* Rehd.; *P. opulifolius* Maxim.; *Neillia sinensis* Oliv.; *Stephanandra Tanakæ* Franch.; *Spiræa betulifolia* Pall.; *S. cantoniensis* Lour.; *S. chamædryfolia* L.; *S. hypericifolia* L.; *S. japonica* L.; *S. Menziesii* Hook.; *S. prunifolia* Sieb. et Zucc.; *S. trilobata* L.; *Sibiræa lævigata* Maxim.; *Aruncus sylvester* Kostel (*Spiræa Aruncus* L.); *Sorbaria Aitchisonii* Hemsl.; *S. sorbifolia* A. Br.; *Exochorda Giraldi* Hesse; *Holodiscus discolor* Maxim.

2° POMOIDEÆ. — *Cotoneaster affinis* Lindl.; *C. bacillaris* Wall.; *C. divaricata* Rehd. et Wils.; *C. Franchetii* D. Bois; *C. salicifolia* Franch.; *Osteomeles anthyllidifolia* Lindl.; *Chænomeles lagenaria* Koidz.; *C. sinensis* Koehne; *Cydonia oblonga* Mill.; *Malus spectabilis* Borkh.; *Pyrus salicifolia* Pall.; *Sorbus Aria* Crantz; *S. aucuparia* L.; *S. domestica* L.; *Raphiolepis japonica* Sieb. et Zucc.; *Photinia serrulata* Lindl.; *Amelanchier canadensis* Medic.; *A. florida* Lindl.; *Stranvæsia Davidiana* Dcne; *Mespilus germanica* L.; *Cratægus* × *Carrierei* Vauvel; *C. Crus-galli* L.; *C. Oxyacantha* L.; ×*Pyracomeles Vilmorinii* Rehd.; *Pyracantha coccinea* Roem.

3° ROSOIDEÆ. — *Rhodotypos kerrioides* Sieb. et Zucc.; *Kerria japonica* DC.; *Neviusia alabamensis* Gray; *Rubus fruticosus* L.; *R. idæus* L.; *Fragaria vesca* L.; *Potentilla fruticosa* L.; *P. palustris* Scop.; *Waldsteinia geoides* Willd.; *Geum urbanum* L.; *Ulmaria Filipendula* Hill (*Spiræa Filipendula* L.); *U. palustris* Moench (*Spiræa Ulmaria* L.); *Alchemilla vulgaris* L.; *Agrimonia Eupatoria* L.; *Sanguisorba officinalis* L.; *Poterium Sanguisorba* L.; *Acæna Buchanani* Hook.; *Rosa canina* L.; *R. Hugonis* Hemsl.; *R. pomifera* Herrm.

4° PRUNOIDEÆ. — *Nuttallia cerasiformis* Torr. et Gray; *Prunus cerasifera* Ehrh.; *P.c.* var. *Pissardii* Koehne; *P. Laurocerasus* L.; *P. lusitanica* L.; *P. Mahaleb* L.; *P. serotina* Ehrh.; *P. serrulata* Lindl.; *P. tomentosa* Thunb.; *Prinsepia uniflora* Batal.

Les organes examinés étant les feuilles, le sorbitol a été rencontré dans toutes les Spiræoideæ, Pomoideæ et Prunoideæ, mais seulement dans les *Rhodotypos*, *Kerria* et *Neviusia* parmi les Rosoideæ. Les systématiques antérieures (de Candolle, Bentham et Hooker, etc.) plaçaient ces trois genres à côté des *Spiræa*; la présence de sorbitol apporte un argument nouveau

en faveur de leur rattachement aux Spiræoideæ. Par contre, les *Ulmaria* autrefois considérées comme *Spiræa* voient confirmer leur nouvelle position parmi les Rosoideæ par l'absence de sorbitol. Ainsi s'établit une coïncidence sans exception entre la répartition du sorbitol et la systématique des Rosacées, les Rosoideæ se séparant nettement des trois autres sous-familles. Une parenté biochimique relie donc les Rosacées à fruits charnus et les Spiræoideæ dont les fruits sont des follicules; à ma connaissance, le sorbitol n'avait pas encore été signalé chez ces derniers. La présence de cet itol n'est pas liée à la nature charnue du fruit comme on le pensait autrefois, elle caractérise la biochimie d'un groupe botanique, comme le mannitol des Oléacées, le dulcitol des Célastracées.

Le sorbitol a été également obtenu à partir des rameaux de *Physocarpus opulifolius*, *Spiræa cantoniensis*, *Exochorda*, *Cotoneaster bacillaris*, *Cydonia*, *Sorbus aucuparia*, *Amelanchier canadensis*, *Mespilus*, *Cratægus Oxyacantha*, *Rhodotypos*, *Kerria*, *Nuttallia*, *Prunus cerasifera*, des fleurs de *Spiræa japonica*, *Kerria japonica* var. *pleniflora* Witte, des fruits de *Physocarpus opulifolius*, *Sorbaria Aitchisonii*, cinq *Cotoneaster*, *Chænomeles lagenaria*, *Cydonia*, *Sorbus domestica*, *Raphiolepis*, deux *Amelanchier*, *Stranvæsia*, trois *Cratægus*, *Nuttallia*, *Prinsepia*.

Les rendements sont très variables : les fruits charnus sont presque toujours plus riches que les organes végétatifs, les fruits secs sont très pauvres. Le sorbitol est plus abondant chez certaines Spiræoideæ (*Physocarpus*, *Spiræa prunifolia*, *Sibiræa*, *Kerria*) que chez beaucoup de Pomoideæ et Prunoideæ.

Presque toutes les Rosoideæ ont fourni du saccharose cristallisé. Ce sucre a rarement été obtenu à partir des Rosacées à sorbitol; la méthode biochimique de Bourquelot prouve d'ailleurs qu'il s'y trouve en proportion relativement faible.

En résumé, le sorbitol a été isolé à l'état pur — ou tout au moins à l'état de dérivé hexacétylé obtenu par acétylation des extraits — à partir de toutes les Spiræoideæ, Pomoideæ et Prunoideæ examinées, des *Rhodotypos*, *Kerria* et *Neviusia* (soit 30 genres, 55 espèces). Isolé également des rameaux et fruits de quelques-unes d'entre elles, il caractérise le chimisme de ces trois sous-familles. Il n'a pas été obtenu chez les Rosoideæ.

BIOLOGIE. — *Influence de divers facteurs écologiques sur la fécondité de la Cochylis* (Clysia ambiguella *Hb*) *et du Carpocapse* (Laspeyresia pomonella *L.*), Note de M. **Roger Geoffrion**, présentée par M. Maurice Caullery.

L'étude écologique de la Cochylis (*Clysia ambiguella* Hb) et du Carpocapse des pommes et des poires (*Laspeyresia pomonella* L.) montre que les diverses conditions climatiques habituellement considérées comme très

favorables à l'ovogénèse et à l'oviposition, et retenues pour déterminer les dates des traitements destinés à les détruire, sont souvent insuffisantes pour expliquer ou prévoir leur comportement. L'observation de la température et de l'humidité au cours de leur vie imaginale, plus particulièrement au coucher du soleil et pendant les premières heures de la nuit, période habituelle du dépôt des œufs, doit être complétée par l'examen d'autres éléments climatiques. L'étude statistique de l'évolution des deux parasites dans les conditions naturelles au cours des dix dernières années, met en évidence l'importance de la lumière.

Dans les vignobles de la Vallée de la Loire, où furent effectuées les observations sur le comportement des tordeuses de la grappe, il ressort que le nombre des œufs pondus et par suite les dégâts, est fonction de la température, de l'humidité et également des durées journalières d'insolation pendant la période de vie imaginale de la Cochylis. Cependant il est difficile, à la suite d'observations faites dans la nature, de fixer la part respective de chacun des éléments climatiques car ceux-ci varient tous ensemble. Seuls les élevages permettent de déterminer d'une manière précise l'importance respective de chacun d'eux. Les conclusions suivantes en ont été tirées.

a. Concernant le Carpocapse (*Laspeyresia pomonella* L.). — 1° La réunion des conditions reconnues très favorables à l'évolution des ovocytes (température 22°,5, humidité 80 %, eau à discrétion) et à la ponte (température 22°,5, humidité 80 %, obscurité ou intensité lumineuse réduite) est insuffisante pour déclencher une ovogénèse et une oviposition importante. En effet, si ces conditions sont réalisées en l'absence permanente de lumière et en opérant sur de jeunes imagos, immédiatement après leur émergence, on constate que la ponte est réduite dans des proportions considérables. L'examen de l'appareil génital des femelles élevées à l'obscurité continue donne lieu à diverses observations. Cet appareil génital est du type méroïstique polytrophe; seuls quelques ovocytes dans chaque ovariole ont atteint leur taille définitive au moment de l'émergence des imagos. Ces ovarioles ont donc normalement un aspect conique. On trouve cet aspect chez les femelles élevées à la lumière et dans les conditions de température et d'humidité mentionnées précédemment. Par contre, chez les femelles élevées en l'absence continuelle de lumière, les ovaires présentent un aspect anormal. Au bout de 5 jours, alors que la base des ovarioles conserve sa structure habituelle, les ovocytes situés en position 5.6.7 par rapport à la base de l'ovariole, ont un développement réduit; il s'ensuit un rétrécissement brusque du diamètre de ces ovarioles. Si l'élevage est continué pendant 11 jours dans les conditions précédemment définies, les ovocytes de la base des ovarioles et les ovocytes situés en position 11.12.13.14 sont altérés à leur tour.

L'étude histologique de ces ovocytes met en évidence les différents stades de leur résorption, dont les premières manifestations sont la destruction des cellules nourricières.

2° Si la lumière est supprimée, non pas dès le début de l'expérimentation, mais lorsque la ponte est en cours, cette modification des conditions d'élevage a pour conséquence de diminuer considérablement l'importance de la ponte.

3° Si l'expérience inverse est réalisée, c'est-à-dire si l'on soumet des insectes d'abord à l'obscurité, puis à la lumière naturelle, leur ponte reste faible.

4° Les différents élevages réalisés sous des éclairages artificiels d'intensités différentes révèlent que l'importance de la ponte varie en fonction de l'intensité de l'éclairement.

5° Les élevages réalisés sous différentes lumières filtrées donnent un maximum d'œufs dans le jaune orangé et un minimum aux deux extrémités du spectre visible.

6° Les *corpora allata* pouvant être considérés comme source d'une « hormone » tenant l'ovogénèse sous sa dépendance, leur ablation a été tentée. L'allatacorporectomie se heurte à de très grandes difficultés du fait de la fragilité des insectes et de leur faible dimension. Dans tous les cas, la décapitation ou l'ablation élective des *corpora allata* a empêché la ponte, mais aucun signe de résorption des ovocytes n'a pu être constaté.

b. Concernant la Cochylis (*Clysia ambiguella* Hb). — Des élevages comparables ont été effectués sur un lot d'individus ayant une même origine génétique.

1° Comme chez le Carpocapse, la réunion des conditions retenues comme très favorables (température 22°,5, humidité 80 %, eau à discrétion, obscurité ou intensité lumineuse réduite au moment de la ponte), mais en l'absence continuelle de lumière, et en opérant sur des imagos venant de naître, ralentit l'ovogénèse et le dépôt des œufs. L'appareil génital de la femelle est du type méroïstique polytrophe; le diamètre des ovarioles des individus élevés à la lumière augmente progressivement au fur et à mesure que l'on approche de l'oviducte. Il n'en est plus de même chez les femelles élevées à l'obscurité permanente; la base des ovarioles conserve son aspect habituel tandis que tous les ovocytes situés en position 5.6.7 sont altérés au bout de 5 jours. Si l'élevage est continué dans les conditions précédemment déterminées, les ovocytes de la base des ovarioles et ceux situés en position 11.12.13 sont altérés à leur tour.

2° L'emploi de sources d'éclairement d'intensités différentes met en évidence que la fécondité est fonction de l'intensité lumineuse.

3° L'élevage des insectes sous lumières filtrées donne un maximum

d'œufs dans le jaune orangé et un minimum aux deux extrémités du spectre visible.

4° L'allatacorporectomie élective ou la décapitation n'a pu être réalisée avec succès sur cet insecte excessivement fragile.

5° La diminution de l'intensité du stimulus lumineux sur l'appareil visuel des chenilles et des adultes, aveuglés par un vernis opaque, n'a provoqué aucune modification dans la chrysalidation de la chenille ou dans l'ovogénèse et la fécondité de l'imago.

BIOLOGIE. — *Altération des spermatozoïdes dans la poche copulatrice, chez* Planorbarius corneus (*L.*). (Mollusca gastropoda). Note de M. **François Alaphilippe**, présentée par M. Maurice Caullery.

Les spermatozoïdes déposés dans la poche copulatrice lors de l'accouplement s'y altèrent rapidement et sont complètement détruits au bout d'une semaine.

La portion femelle de l'appareil génital des Pulmonés comprend, en annexe de la partie inférieure, ou vagin, un organe appelé, selon les auteurs, poche copulatrice, réceptacle séminal, ou spermathèque. Les observations citées plus bas montreront que ce dernier terme est à rejeter dans le cas de *Planorbarius corneus*. Chez cette espèce, il n'y a pas formation de spermatophore lors de l'accouplement.

Le rôle de cette poche a été très longtemps discuté. D'après les vues anciennes de Baudelot ([1]), ce serait un organe de maturation du sperme déposé pendant la copulation; cette maturation permettrait aux gamètes mâles de féconder les œufs au passage pendant la ponte. Selon les observations récentes de Bretschneider ([2]), dans le cas de *Limnæa stagnalis*, il y aurait sécrétion, par les parois du réceptacle, d'un pigment jaune orange; à partir de celui-ci, de petites boules de sperme colorées remonteraient l'oviducte, puis le canal hermaphrodite où aurait lieu la fécondation. Ce sont ces derniers travaux qui m'ont conduit à étudier le sort des spermatozoïdes dans la poche copulatrice de *P. corneus*, forme assez voisine de *Limnæa stagnalis*.

La poche copulatrice de *P. corneus* est un organe piriforme, blanc jaunâtre, en cul-de-sac allongé, relié au vagin par un canal étroit de 5 à 6 mm. Ses parois comprennent un épithélium doublé d'une mince couche de muscles circulaires et d'une couche conjonctive assez épaisse. On peut considérer, comme Holm. ([3]) le fait pour *Limnæa stagnalis*, que cet épi-

([1]) *Ann. Sc. Nat.*, Paris, (4e série), 19, 1863.

([2]) *Proc. K. ned. Akad.*, Amsterdam, 51, 3, 1948, p. 358-363.

([3]) *Trans. Amer. micr. Soc.*, Menasha, 65, 1, 1946, p. 45-68.

thélium est constitué d'un seul type de cellules dont la forme varie, suivant l'activité de l'organe, de l'aspect prismatique bas à l'aspect cylindrique très allongé; cette cellule conserve des caractères histologiques constants, quelle que soit sa taille : le noyau peu colorable est légèrement allongé; le cytoplasme est peu acidophile, sauf toutefois au pôle apical, où n'apparaissent jamais de grains de sécrétion bien individualisés.

Après la fin de l'accouplement, qui est réciproque, les poches copulatrices des deux conjoints sont bourrées de liquide séminal. Ce contenu évolue rapidement dans le temps, ainsi que le montrent les observations suivantes :

Pendant les deux premiers jours qui suivent la copulation, la poche contient une masse de spermatozoïdes normaux, à flagelles bien distincts, enchevêtrés, peu colorables; la substance interstitielle, si elle existe, ne peut être colorée par les méthodes habituelles. L'épithélium de la région inférieure, faisant transition avec le canal, est constitué par de hautes cellules; celui de la région du fond et de la région moyenne comprend, par contre, des cellules de petite taille, contenant, en leur partie apicale, des ribonucléines pyroninophiles en petite quantité.

Cette structure varie beaucoup le troisième jour. L'épithélium du fond et de la partie moyenne des parois de la poche s'hypertrophie irrégulièrement, en prenant un aspect faussement plissé, dû à l'accroissement de la hauteur de certaines cellules. Ces cellules ont une sécrétion active de type mérocrine : elles s'ouvrent en calice et libèrent leur pôle apical, qui tombe dans la cavité de la poche. Dans celle-ci, la tête des spermatozoïdes est légèrement renflée et s'arrondit, mais reste toujours fortement colorable; les flagelles sont à peu près intacts au centre de la masse, mais ceux du bord deviennent plus diffus et éosinophiles; un coagulum non colorable anhiste se forme au fond de la poche.

Les transformations sont encore plus importantes au bout de 4, 5 et 6 jours. L'épithélium s'hypertrophie de façon beaucoup plus intense et sa surface se complique davantage. Les cellules conservent les mêmes caractères et continuent à sécréter abondamment. Dans la masse centrale on ne distingue plus de têtes de spermatozoïdes colorables; les flagelles très éosinophiles subsistent vers l'ouverture de l'organe, mais, au centre, ils dégénèrent en une masse d'aspect fibrillaire, et au fond et le long des parois, il n'y a plus que le coagulum déjà cité. On peut encore observer, à l'ouverture de la poche, sur quelques coupes, de rares têtes de spermatozoïdes avec leur flagelle.

Il paraît donc que, dès le dépôt du sperme dans la poche copulatrice, l'épithélium de celle-ci s'hypertrophie de façon active tout en sécrétant abondamment. Cette sécrétion attaque les spermatozoïdes, et en premier lieu ceux qui sont en contact avec les parois; cette attaque gagne peu à

peu le centre : les têtes disparaissent, et les flagelles sont complètement dissous après avoir été transformés en une substance éosinophile, puis finalement en un coagulum non colorable et sans structure. Cette action se fait suivant un gradient d'activité qui part du fond de la poche où débute l'attaque, et qui gagne peu à peu vers l'orifice du canal, où il reste encore quelques têtes, même au bout de 5 jours et demi.

Les spermatozoïdes accumulés dans le réceptacle séminal y subissent ainsi une destruction qui est complète dans les 6 jours qui suivent la copulation. Il n'y a donc pas, chez *P. corneus*, une maturation du sperme dans cet organe, permettant la fécondation des œufs au terme de leur développement, ainsi que le pensait Baudelot ([1]), ni la sécrétion d'un pigment enrobant les gamètes mâles et permettant leur transport jusqu'au canal hermaphrodite, comme l'a observé Bretschneider ([2]). La poche copulatrice apparaît plutôt comme un organe résorbant l'excès de spermatozoïdes apportés par l'accouplement.

BIOCHIMIE. — *Hydrolyse des phosphoaminolipides et lécithase hépatique du Rat.* Note (*) de M. **Marc Pascaud**, présentée par M. Robert Courrier.

Les phosphoaminolipides impurs, en émulsion dans divers milieux aqueux, subissent une hydrolyse spontanée. Les lécithines pures, obtenues par chromatographie sur acide silicique, sont au contraire pratiquement stables dans les mêmes conditions. Elles constituent un substrat qui permet de suivre l'activité lécithasique du foie chez le Rat soumis à des régimes définis.

Au cours d'expériences où nous suivions sur des coupes et broyats de foie (Rat) l'hydrolyse des phosphatides par la lécithase de ce tissu ([1]), nous avions observé une hydrolyse spontanée des prises témoins. Désirant étudier la cinétique de la réaction catalysée par cet enzyme, il nous fallait obtenir un substrat chimiquement stable. Nous résumerons ici les expériences montrant l'influence de l'état de pureté des lécithines sur leur hydrolyse spontanée pour des conditions de milieu définies.

Hydrolyse spontanée en fonction de la nature du substrat. — Les phospholipides totaux du foie de Porc, du foie de Rat, du jaune d'œuf, en émulsion dans divers milieux aqueux : saccharose, tampon phosphate, subissent en 24 h à la température de 37° une hydrolyse spontanée affectant 30 à 60 % de la quantité initiale. Nous avons examiné en détail le phénomène dans le même milieu tampon lorsque l'on passe des phospholipides totaux du jaune d'œuf à des lécithines de plus en plus pures.

(*) Séance du 24 octobre 1955.

([1]) M. Pascaud, *Comptes rendus*, 236, 1953, p. 1300.

Conditions expérimentales. — Les phospholipides sont en émulsion dans un tampon phosphate M/20 de pH 6,5 à la température de 37°. Après des intervalles variant de 6 à 24 h, les phospholipides restant sont après double précipitation dosés par leurs acides gras. Nous croyons devoir faire remarquer que cette technique de dosage ne nous permet pas de déceler la nature des liaisons hydrolysées (problème qui ne se pose ici que secondairement).

Préparation des substrats. — Les phospholipides totaux du jaune d'œuf sont obtenus à froid par la méthode classique : extraction acétonique, extraction alcoolique du précipité, précipitations répétées à l'acétone de cet extrait. La purification progressive de ce substrat est effectuée selon la technique de C. H. Lea et D. N. Rhodes (²). Les contaminants azotés sont éliminés sur colonne de cellulose. Les lécithines sont séparées des céphalines sur colonne d'acide silicique. Les lécithines obtenues sont purifiées par élimination des derniers composés lyso sur colonne d'alumine. On prépare ainsi des lécithines « pures » dont les caractères analytiques sont les suivants :

$$\frac{\text{Atomes N}}{\text{Atomes P}} = 0{,}98 \quad (\text{théorique } 1), \qquad \frac{\text{Molécules acides gras}}{\text{Atomes P}} = 1{,}95 \quad (\text{théorique } 2).$$

L'hydrolyse spontanée est suivie aux quatre stades principaux de la préparation. Les moyennes des résultats obtenus figurent dans le tableau ci-dessous :

Substrat.	% hydrolysé à 37° en 6 h.	% hydrolysé à 37° en 24 h.
Phospholipides d'œuf bruts (N % 1,77; P % 3,92)	19	53
Phospholipides d'œuf purifiés des contaminants azotés sur cellulose (N % 1,74; P % 3,78)	8,3	–
Lécithine d'œuf sur acide silicique (N % 1,72; P % 3,90)	6,4	7,8
Lécithine purifiée sur alumine	3	4

On voit que l'hydrolyse, qui était de 19 % en 6 h dans le cas des phospholipides bruts, tombe à 8,3 % par élimination des impuretés N. Les lécithines « pures » ne présentent qu'une très légère hydrolyse pratiquement terminée après 6 h. Ainsi, plus est poussée la purification du substrat, moins importante est son hydrolyse spontanée. Nous nous proposons de dégager ultérieurement la nature du facteur responsable de ce phénomène (impureté azotée ou composé lyso).

Nous croyons intéressant de signaler ici que l'hydrolyse spontanée des substrats impurs est atténuée par l'introduction dans le milieu de

(²) *Biochem. J.*, 54, 1953, p. 467; *Ibid.*, 60, 1955, p. 353.

protéines (nous avons utilisé 2,5 % d'albumine pure de plasma de bœuf). Ce phénomène dont nous étudions actuellement le mécanisme est susceptible de deux interprétations :

1° Les phospholipides formeraient avec l'albumine un complexe plus stable.

2° Le substrat brut contiendrait un des produits libérés par l'hydrolyse des phospholipides, corps qui catalyserait cette hydrolyse. En présence de protéines, ce phénomène serait atténué par « masquage » du facteur responsable.

Nous avons effectué quelques expériences préliminaires pour vérifier que ces lécithines pures, chimiquement stables, étaient hydrolysées par la lécithase hépatique. Nous avons utilisé l'extrait glycérolé préparé selon B. Shapiro (3) et avons adopté les conditions de milieu de cet auteur : tampon acétate pH 4,5. En dépit de cette concentration élevée en ions H, peu favorable à l'activité lécithasique, nous avons observé une hydrolyse de 23 % en 6 h (3 % dans les prises témoins).

Nous disposons donc d'un substrat, lécithines stables, qui doit nous permettre l'étude de la cinétique de son hydrolyse par la lécithase du foie de Rat préparée aussi pure que possible.

MICROBIOLOGIE. — *Sur la production des hémolysines α et β et de la gélatinolysine par le staphylocoque ensemencé dans des milieux liquides additionnés de substances organiques.* Note (*) de MM. **Raoul Kourilsky**, **Rémy Richou** et Mme **Henriette Richou**, présentée par M. Gaston Ramon.

Si le staphylocoque se montre capable d'élaborer, lorsqu'il végète dans des milieux artificiels et en atmosphère d'air et de gaz carbonique, les hémolysines α et β et une gélatinolysine (1), les conditions de sa toxigenèse et de son enzymogenèse dans les organismes humains ou animaux qu'il a envahis ne sont pas connues.

Aussi avons-nous recherché l'influence de l'addition, soit au milieu à base de digestion papaïnique de viande de cheval, soit à l'eau peptonée à 2 %, de plasmas oxalatés à 2 ‰ de provenances diverses, de leucocytes de cobayes ou de collagène de queues de rats, sur la production par le staphylocoque des hémolysines α et β et de la gélatinolysine.

Dans des ballons d'un volume, de 500 cm^3, renfermant 30 ou 50 cm^3

(3) *Nature* (London), 169, 1952, p. 29.

(*) Séance du 24 octobre 1955.

(1) R. Richou et R. Kourilsky, *Bull. Soc. Path. Générale et Comparée*, n° 663, 1954, p. 1405.

de milieu, on ajoute des quantités variables de plasma humain oxalaté, de leucocytes ou de collagène, ou un mélange de ces substances. Les ballons sont ensuite ensemencés avec un staphylocoque toxigène. Après 7 jours de culture à l'étuve à 37°, en atmosphère de 80 % d'air et 20 % de CO_2, le contenu de chaque ballon est filtré sur bougie L_3 et titré : les hémolysines α et β au moyen de la méthode hémolytique en recherchant leur dose minima hémolytique et leur dose test hémolytique et la gélatinolysine par la technique déjà décrite ([2]).

Dans six de nos essais, effectués avec la souche Wood et la souche Bouley d'origine humaine, l'addition de plasma, de collagène ou de leucocytes, ou de plusieurs de ces substances à la fois, a permis d'augmenter d'une façon sensible le pouvoir hémolytique de la toxine α, les meilleurs résultats étant obtenus dans le milieu additionné de plasma. Dans deux autres essais, par contre, le plasma et le collagène ont semblé entraver la production de cette toxine. Ces résultats disparates doivent, à notre avis, être attribués aux différences considérables, sur lesquelles nous avons maintes fois insisté avec G. Ramon, et que l'on peut enregistrer dans la production de la toxine staphylococcique, d'un ballon de culture à l'autre, même lorsque ces ballons sont ensemencés avec la même souche et cultivés dans les mêmes conditions.

L'addition de collagène et de leucocytes n'entrave pas la production de la gélatinolysine et la favorise même dans la majorité des cas. Par contre, l'addition de plasma est presque toujours inhibitrice. Il est possible que certains plasmas oxalatés, qui possèdent, comme nous l'avons montré ([3]), des propriétés antizymiques plus ou moins marquées vis-à-vis des diastases microbiennes annihilent, dans une certaine mesure, la gélatinolysine élaborée dans le milieu de culture.

Dans une deuxième série d'essais, nous avons constaté que les staphylocoques d'origine bovine peuvent élaborer des quantités souvent importantes d'hémolysine α dans le milieu à base de digestion papaïnique de viande de cheval additionné de plasmas humains et animaux, cette addition semblant dans 50 % des cas favorable à la toxigenèse staphylococcique. Dans les mêmes conditions, ils peuvent produire également l'hémolysine β et la gélatinolysine.

De même, les staphylocoques isolés chez le chien produisent des quantités équivalentes, mais toujours faibles, de toxine α et de toxine β, qu'ils oient ensemencés dans le milieu à base de digestion papaïnique de viande de cheval seul ou dans ce milieu additionné de plasma humain.

Cultivés dans le même milieu à base de digestion papaïnique de viande

([2]) R. Richou et R. Kourilsky, *Revue d'Immunologie*, 18, 1954, p. 140.

([3]) R. Richou et R. Kourilsky, *Revue d'Immunologie* (sous presse).

de cheval, additionné de plasma, de collagène ou de leucocytes, les staphylocoques d'origine humaine ou animale peuvent donc élaborer les hémolysines α et β et la gélatinolysine. Si l'addition de plasma contrarie, dans une certaine mesure, la production de la gélatinolysine, elle favorise au contraire l'élaboration de l'hémolysine α.

En présence de substances d'origine tissulaire le staphylocoque est donc parfaitement capable d'élaborer les hémolysines α et β et la gélatinolysine.

On peut en déduire que, lorsqu'il pénètre dans les tissus de l'homme ou de l'animal, le staphylocoque peut continuer à faire preuve de ses propriétés toxigènes et enzymatiques et peut même les exacerber.

PATHOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Étude comparative des lésions spléniques secondaires à une irradiation sélective de la Rate ou à une irradiation* in toto *du Rat par les rayons* X. Note (*) de MM. **Michel Boiron**, **Claude Paoletti** et **Maurice Tubiana**, présentée par M. Léon Binet.

Après irradiation de la rate, l'importance des lésions spléniques, appréciées sur la diminution du poids de l'organe et l'aspect histologique est, pour une même dose locale (1000 r), très atténuée lorsque le reste du corps est protégé du rayonnement.

Les effets d'une irradiation sélective de la rate sur le métabolisme du fer chez le Rat, font l'objet d'une étude d'ensemble que nous poursuivons. Pour réaliser une telle irradiation, la rate est extériorisée hors de l'abdomen, le reste du corps étant protégé par des lames de plomb. Nous avons été frappé, en examinant les rates ainsi irradiées, de ne trouver à leur niveau que des lésions discrètes pour une dose cependant considérable de rayons X. Ceci nous a conduit à entreprendre une étude comparative des radiolésions spléniques obtenues dans différentes conditions d'irradiation.

Technique. — I. 65 rats blancs de Commentry, mâles, d'un poids moyen de 190 ± 5 g ont été utilisés pour cette expérience et répartis en cinq groupes :

Groupe I. — 15 rats témoins, sur lesquels aucune intervention ou irradiation n'est faite.

Groupe II. — 10 rats irradiés *in toto*. Après anesthésie par le nembutal intrapéritonéal (0,035 mg/g), les rats fixés sur des planchettes de bois sont irradiés par groupe de deux, successivement sur les faces dorsale et ventrale du corps; 1000 r sont délivrés ainsi sous une tension de 220 kV, avec une filtration de 1 mm de cuivre et une distance source-objet de 30 cm. La couche de demi-absorption du rayonnement est dans ces conditions de 2 mm de cuivre.

(*) Séance du 24 octobre 1955.

Groupe III. — 20 rats dont on irradie la rate de façon sélective. Sous anesthésie, la rate est extériorisée hors de l'abdomen par une petite incision. Un système de lames de plomb de 2 mm d'épaisseur, glissant les unes sur les autres, permet de recouvrir entièrement le corps de l'animal, la rate étant seule extériorisée grâce à un petit guichet mousse qui permet, sans traumatisme, le passage du pédicule. 1000 r sont alors délivrés au niveau de la rate avec des rayons X émis sous une tension de 140 kV, avec une filtration de 2 mm d'aluminium. La couche de demi-absorption est dans ces conditions de 4 mm d'aluminium.

Des chambres d'ionisation condensateur placées de part et d'autre de la rate permettent de vérifier l'exactitude de la dose et des chambres d'ionisation placées sur le corps de l'animal derrière les lames de plomb, ont montré qu'il n'a pas été délivré au reste du corps plus de 0,1 % de la dose. Après irradiation, la rate est réintégrée dans l'abdomen, et la paroi suturée.

Groupe IV. — 10 rats dont la rate est extériorisée selon les modalités utilisées pour le groupe III, mais le plomb est remplacé par de la matière plastique. La rate et l'ensemble du corps sont alors irradiés selon des constantes identiques à celles utilisées dans le groupe II. La dose délivrée est de 1000 r. La rate est ensuite réintégrée dans l'abdomen.

Groupe V. — 10 rats chez lesquels après un séjour de 15 mn hors de l'abdomen, aucune irradiation n'étant pratiquée, la rate est réintégrée.

Tous les animaux sont pesés avant l'expérience et au moment du sacrifice. Les animaux des groupes II, III et IV sont tués deux jours ou cinq jours après l'irradiation. Les animaux du groupe V sont tués cinq jours après la laparatomie. La rate est immédiatement prélevée et pesée, des fragments sont fixés dans le formol à 10 %, puis le liquide de Bouin. Les coupes histologiques sont colorées par l'éosine.

RÉSULTATS. — Le tableau ci-après indique les résultats obtenus et les déviations standards.

HISTOLOGIE DE LA RATE. — *Extériorisation simple de la rate* (groupe V). — L'aspect est strictement normal.

Irradiation in toto *ou irradiation de la rate et du corps* in toto *après extériorisation de la rate (groupes II et IV).* — Nous retrouvons des lésions analogues à celles décrites par Murray [1] : déplétion lymphoïde notable, disparition des érythroblastes et des mégacaryocytes. Ces aspects histologiques restent comparables du 2e au 5e jour et aucune régénération importante du tissu lymphoïde ne survient pendant cette période.

---

[1] In *Histopathology of irradiation from external and internal sources*, W. BLOOM, Mc Graw-Hill, New-York, 1948.

	Nombre.	Temps écoulé entre irradiation et sacrifice (jours).	Poids du corps + poids initial × poids au sacrifice.	Diminution du poids du corps (%).	Poids de la rate (mg).	Poids de la rate (% du poids de la rate des témoins).
Groupe I : Témoins........	15	–	+194±3	–	684±34	–
Groupe II : Irradiation *in toto*........	5	2	+197±9 ×185±8	6 ±8	435±33	63,5± 8
	5	5	+198±8 ×154±9	22,2±2,5	231±59	33 ± 9
Groupe III : Extériorisation et irradiation sélective de la rate....	8	2	+185±5 ×182±6	–	576±42	82 ±10
	12	5	+180±3 ×172±4,5	4,4±5	664±33	94,8±9
Groupe IV : Extériorisation de la rate et irradiation *in toto*.....	5	2	+200±9 ×182±9	9 ±1	322±64	46 ±15
	5	5	+194±9 ×140±9	27,8±2,5	255±51	35 ±14
Groupe V : Extériorisation de la rate sans irradiation..........	10	5	+188±5 ×176±6	–	700±59	–

Extériorisation et irradiation sélective de la rate, le corps étant protégé. — La structure générale de la rate est conservée. Les follicules sont en nombre et en volume normaux. Au faible grossissement, on a l'impression de rates parfaitement normales. Au fort grossissement cependant — notamment au 2e jour — s'extériorisent des lésions discrètes. La zone lymphocytaire externe est parfois réduite de volume, souvent absente. Dans les follicules, les moyens et les petits lymphocytes donnent l'impression d'être diminués en nombre. On voit moins de mégacaryocytes et d'érythroblastes que normalement. Ces modifications sont transitoires, et au 5e jour, l'aspect est redevenu pratiquement normal.

Discussion. — Les résultats de l'étude pondérale et de l'étude histologique sont concordants : aux lésions spléniques minimes et transitoires secondaires à l'irradiation sélective de la rate, s'opposent des lésions spléniques sévères secondaires à l'irradiation de la rate et de l'ensemble du corps.

Bien que la liberté du pédicule soit toujours assurée lors de l'extériorisation de la rate, on ne pouvait exclure *a priori* la possibilité d'une stase veineuse et d'une anoxie relative au niveau de l'organe, facteur important de radio-résistance. L'identité des lésions dans les groupes II et IV permet d'éliminer cette cause d'erreur.

L'interprétation de tels faits est délicate. Elle doit tenir compte des observations faites par L. O. Jacobson (2), (3) qui, lors d'expériences où la totalité du corps de l'animal est irradiée et la rate protégée, note dans les mêmes délais, une hypertrophie de la rate. Il peut s'agir d'une protection de la rate irradiée par des facteurs provenant de l'ensemble de l'organisme non irradié, d'une destruction rapide d'agents toxiques nés dans le tissu irradié, ou plus vraisemblablement de l'absence d'un effet indirect masqué dans les expériences de Jacobson par l'hypertrophie érythroblastique compensatrice. Des expériences actuellement en cours montrent d'ailleurs que l'irradiation de la moitié de l'organisme, la rate étant protégée, provoque une atrophie splénique. Les expériences que nous poursuivons ont pour but d'élucider le mécanisme du phénomène observé et de rechercher s'il est particulier à la rate et aux tissus lymphoïdes.

La séance est levée à 15 h 30 m.

L. B.

---

(2) L. O. Jacobson, E. K. Marks, E. O. Gaston, M. J. Robson et Zirkle, *Proc. Soc. Exop. Biol. Med.*, 70, 1949, p. 740.

(3) L. O. Jacobson, *Cancer Res.*, 12, 1952, p. 315.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus pendant les séances d'octobre 1955.

Protein malnutrition. Proceedings of a Conference in Jamaïca (1953) sponsored jointly by the Food and agriculture organization of the United Nations (F. A. O.) World health organization (W. H. O.) Josiah Macy Jr Foundation New York, edited by J. C. Waterlow. Cambridge, University Press, 1955; 1 vol. 25,5 cm.

La lèpre, par Roland Chaussinand. Deuxième édition. Paris, Expansion scientifique française, 1955; 1 vol. 23 cm.

Université de Paris. Les Conférences du Palais de la Découverte. Série A. N° 209 : *Le problème biologique de l'individualité*, par Jean Rostand. N° 210 : *Tableau de l'activité scientifique d'une faculté de province Grenoble* 1955, par Léon Moret. Série D. N° 36 : *Le problème de la planète Kaïd*, par W. Hartner. N° 37 : *Galilée et la Révolution scientifique du* XVIIe *siècle*, par Alexandre Koyré. Paris, 1955; 4 fasc. 18 cm.

État du Viêtnam. Centre national de recherches scientifiques et techniques. Archives des recherches agronomiques et pastorales au Viêtnam. *Note sur les cartes des sols et des formations végétales du Darlac*, par M. Schmid, 1955; 1 fasc. 27,5 cm.

Les formations végétales du Darlac. Secteur N.-E. Les formations pédologiques du Darlac. Secteur N.-E. Darlac. Faciès végétatifs Secteur S.-E. et *Secteur S.-W.*, au 1/100 000e, par M. Schmid, De La Souchère et Godard. *Darlac. Formations pédologiques.* Carte dressée en 1950 au 1/100 000e par M. Schmid, De La Souchère et Godard. 4 cartes en double planche, 67 × 96 cm.

Encyclopédie entomologique. XXXIV. *Les attacides* (Saturnidæ) *de l'Équateur africain français*, par Pierre-Claude Rougeot. Paris, Éditions Paul Lechevalier, 1955; 1 fasc. 28 cm (présenté par M. P.-P. Grassé).

Émile Maupas, prince des protozoologistes, par Edmond Sergent. Alger, Institut Pasteur d'Algérie. T. XXXIII, n° 2, 1955; 1 fasc. 24 cm.

Connaissance des temps ou des mouvements célestes à l'usage des astronomes et des navigateurs pour l'an 1957, publié par le Bureau des Longitudes. Paris, Gauthier-Villars, 1955; 1 vol. 24 cm.

Précis de gérontologie, par Léon Binet et François Bourlière. Paris, Masson, 1955; 1 vol. 25 cm.

Savoir en histoire naturelle. Vol. XXIV. *Les Escargots* (Helix Pomatia L. et Helix Aspersa M.). *Biologie. Élevage. Parcage. Histoire. Gastronomie. Commerce*, par Jean Cadart. Préface de Gilbert Ranson. Paris, Paul Lechevalier, 1955; 1 vol. 19 cm.

Ministère de la Santé publique. *Monographie de l'Institut national d'hygiène.* N° 6. *La lutte préventive contre les maladies infectieuses de l'homme et des animaux domestiques*

au moyen des vaccins. Le principe des anatoxines et ses applications et en particulier la vaccination antidiphtérique la vaccination antitétanique, les vaccinations associées, par GASTON RAMON. Paris, Institut national d'hygiène, 1955; 1 vol. 24 cm.

Cours de l'École polytechnique. *Cours de géométrie infinitésimale*, par GASTON JULIA. Deuxième édition entièrement refondue. Cinquième fascicule. *Géométrie infinitésimale*. Deuxième partie : *Théorie des surfaces*. Paris, Gauthier-Villars, 1955; 1 fasc. 25 cm.

Sur la géométrie du tétraèdre, par VICTOR THÉBAULT, in Supplément *Mathesis*, T. LXIV, nos 2-4-5, 1955. Gembloux, Jules Duculot. Paris, Gauthier-Villars, 1955; 1 fasc. 25,5 cm.

Guide du forestier en Afrique du Nord, par PAUL BOUDY. Paris, La Maison rustique, 1952; 1 vol. 22 cm.

(*A suivre*).

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 7 NOVEMBRE 1955.

PRÉSIDENCE DE M. LOUIS FAGE.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Un problème de Lebesgue.*
Note (*) de M. **Arnaud Denjoy**.

Étant donné, dans un ensemble cartésien un ensemble ouvert R de frontière F, sur F une fonction continue $f(N)$, il s'agit de définir dans R une fonction $g(M)$ qui, complétée par $f(N)$ sur F, soit continue sur R+F. L'auteur donne pour $g(M)$ des solutions très générales et analytiques.

Soient R *un ensemble ouvert* de l'espace cartésien U_r à r dimensions, F *l'ensemble fermé* (à distance finie) *frontière* de R; et M, N *deux points variant* M *dans* R, N *sur* F. *Étant donnée la fonction* $f(N)$ *définie et continue sur* F, Lebesgue a résolu le problème de *former une fonction* $g(M)$ *continue* et même indéfiniment dérivable par rapport à l'ensemble des coordonnées, *et tendant vers* $f(N)$ *quand* M *tend vers le point quelconque* N *de* F.

La construction de Lebesgue est progressive, assez laborieuse. Dans un de mes anciens cours j'exposai une solution où $g(M)$ est analytique et doué d'une expression relativement très simple. Bien entendu, $f(N)$ et $g(M)$ peuvent être des points d'un espace cartésien U_p, ou même plus général.

n étant un entier positif et u une variable continue positive, soit $\varphi(n)$ une fonction croissante, telle que $\Sigma[1/\varphi(n)]<\infty$ et $\psi(u)$ une fonction décroissante, avec $\psi(+0)=+\infty$ (φ et ψ positives). Soit N_n une suite de points de F dont l'ensemble de fermeture coïncide avec F. Posons $u_n(M)=\psi(MN_n)/\varphi(n)$. La série $\Sigma u_n(M)$ est convergente quel que soit M dans R, et uniformément convergente sur tout ensemble inclus dans R et à distance positive de F. Posons $B(M)=\Sigma u_n(M)$. D'autre part, soit $v_n(M)=f(N_n)\,u_n(M)$. La série $\Sigma v_n(M)$ est convergente si F ou f sont bornés. Adoptons cette hypothèse. Posons $A(M)=\Sigma v_n(M)$ et $g(M)=A(M)/B(M)$; $g(M)$ est compris entre le maximum et le minimum de $f(N)$ sur F. Évidemment :

(*) Séance du 17 octobre 1955.

La condition nécessaire et suffisante pour que, avec toute fonction $f(\mathrm{N})$, $g(\mathrm{M})$ *tende vers* $f(\mathrm{N})$ *quand* M *tend vers* N *est que* $\mathrm{B}(\mathrm{M})$ *devienne infini quand* M *tend vers* N.

Réalisons cette condition. 1° Supposons F borné, donc contenu dans un segment régulier C_0 de U_r, savoir $a_i \leqq x_i \leqq a_i + d$ $(i = 1, 2, \ldots, r)$, de côté d. Soient $\mathrm{C}_k^p (p = 1, 2, \ldots, 2^{kr})$ les 2^{kr} segments réguliers de côté $d.2^{-k}$ et dont la réunion forme C_0. Parmi les C_k^p retenons les seuls segments γ_k^j contenant au moins un point de F et un point de R. Dans γ_k^j prenons indifféremment un point ν_k^j de F. (Tout point isolé de F sera seul dans un premier $\gamma_{k_0}^{j_0}$ et figurera parmi les ν_k^j pour tout $k \geqq k_0$.) En énumérant successivement les points des suites finies... ν_1^h ..., puis... ν_2^m ..., etc. nous formons une suite N_n, et $n < 2^{(k+1)r}$ si N_n est ν_k^j. Si M est dans le segment γ_k^j, MN_n est inférieur à $2^{-k} d\sqrt{r}$. Donc $2^k < (\mathrm{MN}_n)^{-1} d\sqrt{r}$. Posons $2d\sqrt{r} = \lambda$. Si M est dans γ_k^j (comme N_n), $\varphi(n) < \varphi(2^{kr+r}) \leqq \varphi[\lambda^r (\mathrm{MN}_n)^{-r}]$.

Faisons $\psi(u) = \varphi(\lambda^r u^{-r})$, donc $u_n(\mathrm{M}) = \varphi[\lambda^r(\mathrm{MN}_n)^{-r}]/\varphi(n)$. Quand M tend vers un point N de F, le nombre de termes de la série $\mathrm{B}(\mathrm{M})$ supérieurs à 1 croît. Donc $\mathrm{B}(\mathrm{M})$ tend vers $+\infty$ et $g(\mathrm{M}) = \mathrm{A}(\mathrm{M})/\mathrm{B}(\mathrm{M})$ tend vers $f(\mathrm{N})$, quand M tend vers N.

Si la fonction $\varphi(n)$ est analytique, par exemple si, α étant > 1, $\varphi(n) = n^\alpha$ ou $\varphi(n) = n \log^\alpha(n+1)$, les fonctions

$$\mathrm{B}(\mathrm{M}) = \sum n^{-\alpha}(\mathrm{MN}_n)^{-r\alpha}, \qquad \mathrm{B}(\mathrm{M}) = \sum n^{-1}\log^\alpha\left[1 + \frac{1}{\mathrm{MN}_n}\right]$$

et

$$\mathrm{A}(\mathrm{M}) = \sum f(\mathrm{N}_n) n^{-\alpha}(\mathrm{MN}_n)^{-r\alpha}, \qquad \ldots \qquad \text{et} \qquad g(\mathrm{M}) = \frac{\mathrm{A}(\mathrm{M})}{\mathrm{B}(\mathrm{M})}$$

sont analytiques en M dans R, et $g(\mathrm{M})$ résout le problème posé.

On peut éviter l'énumération des N_n si $\varphi(ut)/\varphi(u)$ est borné avec t, indépendamment de $u (> 1)$. Soit q_k le nombre des γ_k^j (j variant seul) et $n_k = q_1 + \ldots + q_k$; $q_k \leqq q_{k+1} \leqq 2^r q_k$; $n_{k+1} < 2^{r+1} n_n$. Donc si $\mathrm{N}_n = \nu_k^j$, $2^{-k-1} n_k < n \leqq n_k$. Sans altérer la convergence on peut remplacer $\varphi(n)$ par $\varphi(n_k)$ pour $n_{k-1} < n \leqq n_k$.

Désignons indistinctement par $\mathrm{N}^{(k)}$ un quelconque des ν_k^j :

$$\mathrm{B}(\mathrm{M}) = \sum_k [\varphi(n_k)]^{-1} \sum \varphi[(\mathrm{MN}^{(k)})^{-r}],$$

la première sommation étant faite pour tous les $\mathrm{N}^{(k)}$ du même rang k.

Si l'on a des indications métriques sur l'ensemble F, l'exposant r de $(\mathrm{MN}_n)^{-r}$ peut être diminué. Si F est de longueur finie l, ou d'aire finie a (l et a non nulles), etc., n est sensiblement proportionnel à $l2^k$, à $a2^{2k}$, ..., au plus. Le premier facteur de $u_n(\mathrm{M})$ sera $\varphi[l\lambda_1(\mathrm{MN}_n)^{-1}]$ ou $\varphi[a\lambda_2(\mathrm{MN}_n)]^{-2}$, etc., λ_1, λ_2, ... étant fonctions de d et de r seuls. Si F se décompose en plusieurs parties dont l'ordre métrique diffère, pour chacune d'elles on peut adapter à sa

mesure l'exposant de MN_n, de même qu'on ne change pas la convergence d'une série en y remplaçant le terme de rang n par $\log^{-1} n$ pour les valeurs $n = 2^{p^2}$.

2° Si F est non borné, soit H_m le segment $-2^m \leq x \leq 2^m (1 \leq i \leq r)$. On divise H_k en $2^{(2k+1)r}$ segments égaux de côté $2^{-k}(d=1)$. Les γ_k^j sont ceux de ces segments qui joints à R contiennent un point ν_k^j de F. Dans l'énumération des ν_k^j par les k croissants, si ν_k^j est N_n, il s'ensuit $n < 2^{(k+1)2r}$. Si M est dans ν_k^j, $MN_n < 2^{-k}\sqrt{r}$ et $n < [\lambda(MN_n)^{-1}]^{2r}\,(\lambda = 2\sqrt{r})$.

Soit $\Gamma_m = H_m - H_{m-1}\,(\Gamma_1 = H_1)$ et μ_m le plus grand de 1 et du maximum de $|f(N)|$ sur $\Gamma_m.F$. Si N_n de rang k est dans $\Gamma_m (m \leq k)$, nous prenons $u_n(M) = [\mu_m \varphi(n)]^{-1} \varphi[\lambda^{2r}(MN_n)^{-2r}]$; B(M) croît indéfiniment quand M tend vers un point quelconque de F. Car si N est dans Γ_m, la suite B(M) a une infinité de termes supérieurs au plus petit de μ_m^{-1}, μ_{m-1}^{-1} et μ_{m+1}^{-1}. Avec $v_n(M) = f(N_n)u_n(M)$, la série $A(M) = \sum v_n(M)$ converge absolument, quel que soit M dans R, et $g(M) = A(M)/B(M)$ résout le problème posé.

Si $\varphi(ut)/\varphi(u)$ est borné avec t indépendamment de $u(\geq 1)$, désignons par $N^{(m,k)}(k \geq m)$ les ν_k^j (j variant seul) situés dans Γ_m, et soit $q_{m,k}$ le nombre des $N^{(m,k)}$; $q_{m,k} \leq q_{m,k+1} \leq 2^r q_{m,k}$. Posons

$$n_{m,k} = q_{m,m} + q_{m,m+1} + \ldots + q_{m,k}, \qquad n_{m,k+1} < 2^{r+1} n_{m,k}.$$

Pour tous les $N^{(m,k)}$, on remplace $\varphi(n)$ par $\varphi(n_{m,k})$. Alors

$$B(M) = \sum_{m \geq 1} \mu_m^{-1} \sum_{k \geq m} |\varphi(n_{m,k})|^{-1} \sum \varphi[(MN^{(m,k)})^{-2r}],$$

la première sommation étant étendue à tous les $N^{(m,k)}$ de même classe (m, k). Si la longueur ou l'aire, etc. de F à distance finie sont finies, on peut réduire l'exposant $2r$ de $(MN_n)^{-2r}$, suivant l'ordre métrique de F.

Applications. — 1° (Théorème de Lusin). — Dans U_r, soit E un ensemble mesurable à l'ordre r, m sa mesure, $f(M)$ une fonction définie et sommable sur E ; η étant un nombre positif indépendant, nous voulons montrer l'existence d'une fonction $g(M)$ continue dans U_r et telle que $\int_E |f(M) - g(M)| < \eta$.

Rappelons que, si $e \subset E$, l'intégrale de $\int_{E-e} |f(M)|\, dm$ tend vers zéro avec la mesure de $E - e$; d'autre part, si petit que soit $\varepsilon < m$, il existe dans E un ensemble parfait P sur lequel $f(M)$ est continue, tandis que $\text{mes}(E - P) < \varepsilon$ (Lusin).

Soit ε assez petit pour que $\int_{E-P} |f(M)|\, dm < \eta/2$, et μ le maximum de $|f(M)|$ sur P. Englobons P dans un ensemble ouvert O tel que $\text{mes}(O - P) < \eta/(2\mu)$. Soit G la frontière de O; G et P sont disjoints. $R = O - P$ est ouvert et sa frontière est $P + G$. Nous savons former une fonction $g(M)$ continue dans $\overline{O} (= R + P + G)$ et prenant sur P les valeurs de $f(M)$, sur G la valeur 0.

De plus $|g(M)| \leq \mu$ dans R. Faisons $g(M) = 0$ à l'extérieur de O; $g(M)$ est continue dans U_r, $\int_R |g(M)|\,dm < \eta/2$;

$$\int_E |f(M) - g(M)|\,dm = \int_{E-P} |f-g|\,dm < \int_{E-P} |f|\,dm + \int_R |g|\,dm < \eta.$$

2° *Multiconnexité des espaces cartésiens.* — Bornons-nous à la biconnexité de U_r. La démonstration s'étend d'elle-même au cas général. On a donné dans U_r quatre continus quelconques C_1, C_2, C_3, C_4, chacun joint au suivant, et C_4 à C_1; ε étant positif indépendant, il faut montrer l'existence dans U_r d'un réseau de points $M_{i,j}$ $(0 \leq i \leq n;\ 0 \leq j \leq p)$ avec $M_{i,j}M_{i',j'} < \varepsilon$ si $|i'-i|+|j'-j| = 1$, les $M_{i,0}$, $M_{n,j}$, $M_{i,p}$, $M_{0,j}$ étant respectivement situés sur C_1, C_2, C_3, C_4.

Notons que, sans changer le réseau, n et p peuvent être multipliés chacun par un entier (impair de préférence) $2q+1$, $2s+1$; $M'_{h,k}$ étant $M_{i,j}$ si $|h - i(2q+1)| \pm q$ et $|k - j(2s+1)| \leq s$. Alors, si $M'_{h',k'} \equiv M_{i',j'}$, la condition $|h'-h|+|k'-k| = 1$ impliquant $|i'-i|+|j'-j| = 0$ ou 1, il s'ensuit $M'_{h,k}M'_{h',k'} < \varepsilon$.

Supposons donnés et placés sur C_1, C_2, C_3, C_4 les $M_{i,j}$ pour $i(n-i)j(p-j) = 0$, ce qui est par hypothèse possible, les C_i étant continus et successivement joints. Le problème est de placer dans U_r les autres $M_{i,j}$. Dans le plan des $m(x, y)$ soit $m_{i,j}$ le point $(i\varepsilon, j\varepsilon)$ et R le rectangle $(0 \leq x \leq n\varepsilon,\ 0 \leq y \leq p\varepsilon)$, F sa frontière. Soit $f(m)$ définie sur F, égale à $M_{i,j}$ aux points $m_{i,j}$ de F et linéaire en m entre deux de ces points consécutifs. Soit $M = g(m)$ le point de U_r fonction de m continue dans R + F et coïncidant avec $f(m)$ sur F; puis $\eta = \varepsilon/(2q+1)$ tel que si $mm' < \eta$ (m et m' étant dans R), le segment $M(m)M(m')$ soit $< \varepsilon/2$. Pour $0 \leq h \leq n(2q+1)$ et $0 \leq k \leq p(2q+1)$, les points $g(h\eta, k\eta)$ répondent à la question, pourvu que, sur les côtés de F, on remplace $g(h\eta, k\eta)$ par le point $M_{i,j}$ (donné) correspondant au point $m_{i,j}$ de F le plus voisin de $(h\eta, k\eta)$.

La solution générale du problème de Lebesgue peut dans ce cas particulier suggérer des formes simples.

EMBRYOGÉNIE VÉGÉTALE. — *Embryogénie des Cnéoracées. Développement de l'embryon chez le* Cneorum tricoccon *L.* Note de M. **René Souèges**.

On ne connaît rien sur l'embryogénie des Cnéoracées représentées par le seul genre *Cneorum*. L'étude du développement de l'embryon, chez le *C. tricoccon*, démontre que cette petite famille s'apparente très étroitement aux Rhamnacées; ainsi se trouve nettement établie sa position véritable taxinomique, jusqu'à ce jour très discutée, dans la série des Disciflores.

Tout le monde s'accorde aujourd'hui pour faire, avec les 12 espèces

que comporte le seul genre *Cneorum* [1], une famille indépendante; tous les systématiciens se trouvent également d'accord pour reconnaître que la position taxinomique de cette petite famille n'est pas aisée à déterminer et que les places variables qui lui ont été attribuées, toujours cependant dans la série des Dialypétales-Hypogynes-Disciflores, sont très incertaines. Les uns, les plus nombreux semble-t-il, l'incorporent dans l'alliance des Térébinthinées ou Rutales, soit à côté des Burséracées (S. Endlicher, 1836-1840), soit à côté ou au sein même des Simarubacées (G. Bentham et J. D. Hooker, 1867; E. Le Maout et J. Decaisne, 1876; Ph. Van Tieghem, 1891), soit à la suite des Zygophyllacées, famille que certains font entrer dans l'alliance des Géraniales (A. Engler, 1897; R. Wettstein, 1935). D'autres la rattachent à l'alliance des Célastrales, appelées encore Rhamnales ou Frangulinées, soit à côté des Rhamnacées (Ph. Van Tieghem, 1906), soit au voisinage des Célastracées (J. Hutchinson, 1926).

Les raisons sur lesquelles ces différents auteurs se sont appuyés pour arriver à des classements aussi divers ne peuvent ici être discutées [2]. Des caractères organographiques de la plante adulte sont seuls intervenus. Il est certain que les lois qui président au développement de l'embryon, en nous faisant connaître l'origine, le mode d'arrangement et les processus des différenciations plus ou moins précoces des blastomères primordiaux sont seules capables d'apporter quelque lumière dans ces problèmes de taxinomie, de nous déceler tout particulièrement les parentés véritables de la petite famille des Cnéoracées.

Par division transversale de la cellule basale du proembryon bicellulaire (*fig.* 2, 3) et segmentation oblique de la cellule apicale se constitue une tétrade de la catégorie B_2, comportant supérieurement deux éléments juxtaposés quelque peu dissemblables, *a* et *b*, et inférieurement deux éléments superposés *m* et *ci* (*fig.* 4). La figure 9 représente le proembryon octocellulaire produit par bipartitions des éléments de la tétrade, les deux éléments *a* et *b* ayant engendré quatre cellules disposées en tétraèdre dont l'une, au sommet, remplit le rôle d'une cellule épiphysaire, *e* (*fig.* 7 à 13), *m* s'étant partagé longitudinalement en deux éléments juxtaposés (*fig.* 5 à 10) et *ci* ayant donné naissance aux deux cellules, *n* et *n'*, par formation d'une cloison oblique qui s'insère en haut sur la paroi qui le sépare de *m*.

Il est difficile de suivre exactement la marche de la segmentation dans la cellule épiphysaire. Les premières parois dans son intérieur semblent être le plus souvent anticlines (*fig.* 15, 17), mais elles peuvent aussi être périclines (*fig.* 18). Aux stades suivants, les divisions se multipliant, on ne peut avec certitude distinguer les limites du tissu épiphysaire ni déterminer exactement le nombre de couches sous-épidermiques qui le constituent. Les trois quadrants sous-épiphysaires donnent naissance à la partie cotylée *sensu stricto*, c'est-à-dire aux cotylédons et aux initiales de la stèle au sommet caulinaire. Aux stades proembryonnaires, la séparation de ces régions ne peut encore être nettement déterminée.

---

(1) P. VAN TIEGHEM (*Éléments de Bot.*, 2, 1906, p. 497) distingue deux genres parmi les Cnéoracées : les Cnéores, à fleur trimère, et la Camélée, à fleur tétramère.

(2) *Voir* à ce sujet : R. SOUÈGES, *Ann. Sc. nat. Bot.*, 2e série, 14, 1953, p. 226 et 251.

Aux dépens des deux éléments juxtaposés, en *m* (*fig.* 9), se constituent par cloisons verticales, quatre cellules circumaxiales (*fig.* 11) qui bientôt prennent d'autres cloisons verticales (*fig.* 13, 16) ou transversales (*fig.* 15). Ainsi se constituent deux couches cellulaires (*fig.* 17, 18), puis trois (*fig.* 19 à 21), plus tard un plus grand nombre, représentant la région hypocotylée d'où tirent origine la tige hypocotylée et le rudiment de la racine.

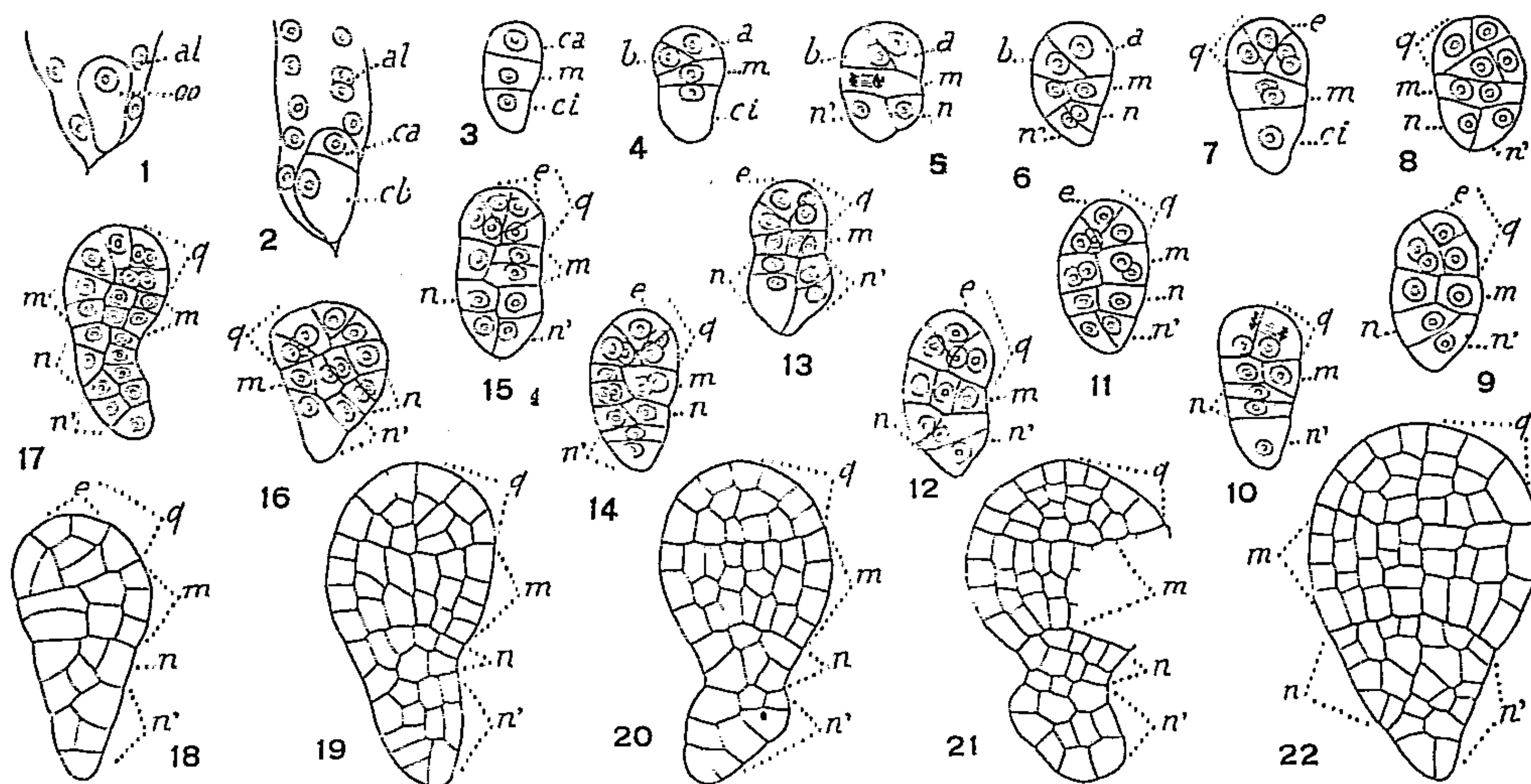


Fig. 1 à 22. — *Cneorum tricoccon* L. — Les principaux termes du développement de l'embryon : *oo*, oospore; *al*, albumen; *ca* et *cb*, cellules apicale et basale du proembryon bicellulaire; *a* et *b*, cellules-filles de *ca*; *m*, cellule-fille supérieure de *cb* ou partie hypocotylée; *ci*, cellule-fille inférieure de *cb*; *q*, quadrants; *e*, épiphyse; *n* et *n'*, cellules filles de *ci* ou groupes cellulaires qui en dérivent. G. = 330.

Il n'est pas constant que la cloison qui isole *n* et *n'* dans le proembryon octocellulaire prenne une direction oblique; elle peut aussi se disposer transversalement et séparer deux éléments superposés, comme le démontre la figure 10, dans laquelle *n* se serait à son tour cloisonnée transversalement, comme le démontre également la figure 14 dans laquelle *n* s'est divisée longitudinalement, et *n'* transversalement. Dans les figures 10 et 12, *n* se serait divisée avant sa sœur *n'*; dans les figures 11, 13 et 15, on ne peut dire avec certitude si la cloison formée dans *ci* a pris d'abord une direction transversale ou bien plus ou moins rapprochée de la verticale.

Quoi qu'il en soit, les deux éléments *n* et *n'* engendrent un suspenseur *sensu lato*, dont la partie supérieure, dans le cas d'une segmentation transversale en *ci*, originaire de *n* (par exemple, en 14, 17, 19, 20, 21), donnerait une hypophyse véritable génératrice de *iec* et de la portion médiane de la coiffe, et dont la partie inférieure produirait un suspenseur *s. stricto*, court et n'offrant aucune différenciation spéciale. Quand la cloison dans *ci* est oblique, à direction plus ou moins verticale (*fig.* 9, 13, 16, 22), *n'* prend certainement part à la construction de l'hypophyse, mais on ne peut dire dans quelle mesure, quelles sont les potentialités qui lui reviennent alors dans l'édification de l'embryon proprement dit.

Comme il est aisé de s'en rendre compte, les lois qui se dégagent de cette étude sont celles qui ont servi à définir le type embryonomique fondamental du *Geum urbanum* L. ([3]). Dans la case de la classification

([3]) R. Souèges, *Embryogénie et Classification*, 3e fasc., 1948, p. 47.

périodique que commande cet archétype viennent prendre place la plupart des Rosacées et les deux espèces de Rhamnacées qui ont été examinées jusqu'à ce jour, le *Ceanothus azureus* Desf. (4) et le *Rhamnus Frangula* L. (5). Il est évident que le *Cneorum tricoccon* offre surtout des ressemblances avec ces deux dernières espèces : même tétrade en B_2; mêmes formes octocellulaires à la troisième génération; même origine et mêmes destinées des blastomères *a*, *b*, *m*, *n* et *n'*; semblables irrégularités dans la marche de la segmentation. Celles-ci se remarquent dans les processus de division de la cellule épiphysaire; elles consistent principalement dans la disposition oblique de la paroi de segmentation, soit dans la cellule basale d'abord, d'où résulte la formation d'une tétrade globuleuse en B_1, soit dans la cellule *ci*, ce qui entraîne des destinées variables des deux éléments *n* et *n'* (6). Des irrégularités et des variations comparables ont été observées par A. Lebègue (7) chez les Rosacées frutescentes ou arborescentes.

Par leurs fleurs isostémones avec androcée épisépale, les Cnéoracées trouvent leur place normale parmi les Disciflores-Isostémones, c'est-à-dire parmi les Rhamnales; les caractères embryogéniques et les rapports qu'elles présentent avec ceux des Rhamnacées et avec ceux des Rosacées, de l'alliance voisine des Rosales, justifient pleinement ce mode de classement.

CYTOLOGIE. — *Les dictyosomes (appareil de Golgi) et leur ultra-structure.*
Note de M. **Pierre-P. Grassé**, Mlle **Nina Carasso** et M. **Pierre Favard**.

De tous les organites cellulaires, l'appareil de Golgi est celui dont l'étude a soulevé le plus de discussions et a donné lieu aux interprétations les plus diverses et les plus extraordinaires. Ceci tient à la difficulté de l'observation directe et de la fixation du dit organite, et aussi au fait que, chez les Vertébrés adultes, l'appareil se modifie dans les cellules somatiques où il prend des formes variées : rubans, réseau, etc. Bien que des travaux sérieux aient à peu près résolu les principaux problèmes que pose l'appareil de Golgi, périodiquement, des cytologistes insuffisamment informés et n'ayant pas une connaissance complète de l'appareil dans la série animale remettent tout en question. Il en résulte un état d'extrême confusion, fort préjudiciable au crédit de la cytologie et à ses progrès.

Il nous a paru important de reprendre l'étude de l'appareil de Golgi

(4) R. Souèges, *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 1673.
(5) R. Souèges, *Comptes rendus*, 213, 1941, p. 39.
(6) R. Souèges, *Embryogénie et Classification*, 3e fasc., 1948, p. 51.
(7) A. Lebègue, *Ann. Sc. nat. Bot.*, 11e série, 13, 1952, p. 1-151.

en s'aidant de la microscopie électronique, continuant ainsi par d'autres moyens nos investigations antérieures (1).

Nous avons fait appel à du matériel classique, cytologiquement déjà bien connu, de façon à pouvoir déterminer les structures révélées par le microscope électronique avec un minimum de risque d'erreur : la glande hermaphrodite de l'Escargot (*Helix pomatia*) et le testicule de la Grenouille peinte (*Discoglossus pictus*).

Dans toutes les cellules germinales, l'appareil de Golgi apparaît sous la forme de dictyosomes dispersés ou groupés autour du centrosome réalisant alors un corps connu sous le nom d'*idiozome*. Il n'est pas inutile de rappeler que les travaux fondamentaux ont établi (examen sur le vivant, imprégnation osmique ou coloration à l'hématoxyline ferrique après fixation à l'acide osmique) que le dictyosome (comme l'appareil parabasal des Flagellés et de maintes cellules flagellées de Métazoaires) se compose de deux substances : l'une chromophile (très osmioréductrice), l'autre chromophobe souvent hétérogène et englobant de nombreuses vésicules hyalines.

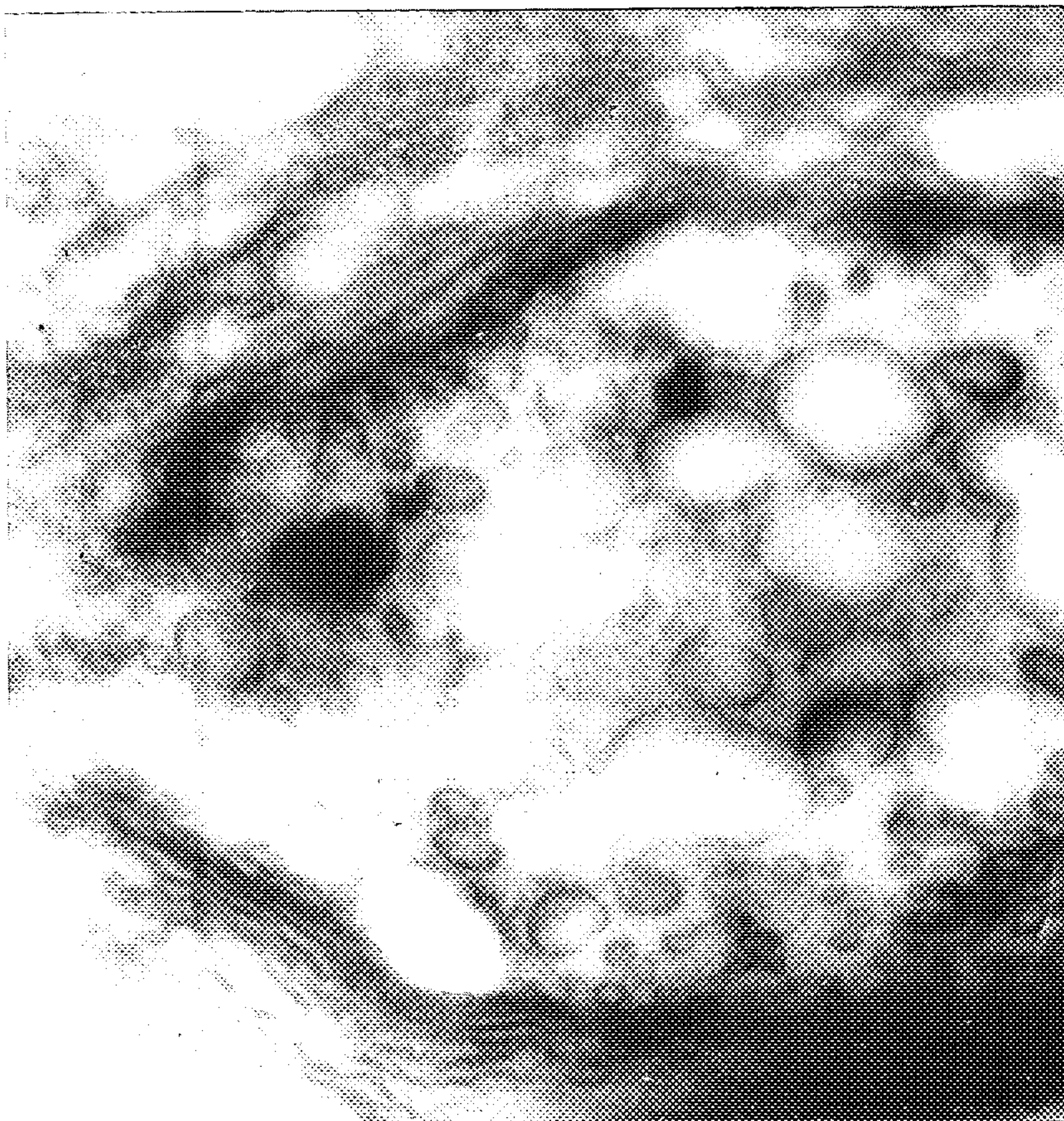
Le microscope électronique révèle parfaitement les dictyosomes qu'ils soient isolés ou groupés en idiozome et montre que leur structure est complexe.

1° L'attention est tout d'abord attirée par des *lamelles sombres* appliquées parallèlement les unes contre les autres (une dizaine dans le cas du spermatocyte d'Escargot, 5 à 7 dans l'idiozome d'une toute jeune spermatide de Grenouille peinte). Des espaces étroits mais bien visibles sur les photographies séparent les lamelles, qui, examinées avec soin, ne paraissent pas être homogènes et montrent à leur intérieur d'infimes espaces clairs alternant plus ou moins avec des zones plus sombres. L'ensemble des lamelles recourbées en arc correspond à l'aspect classique de la substance chromophile des dictyosomes.

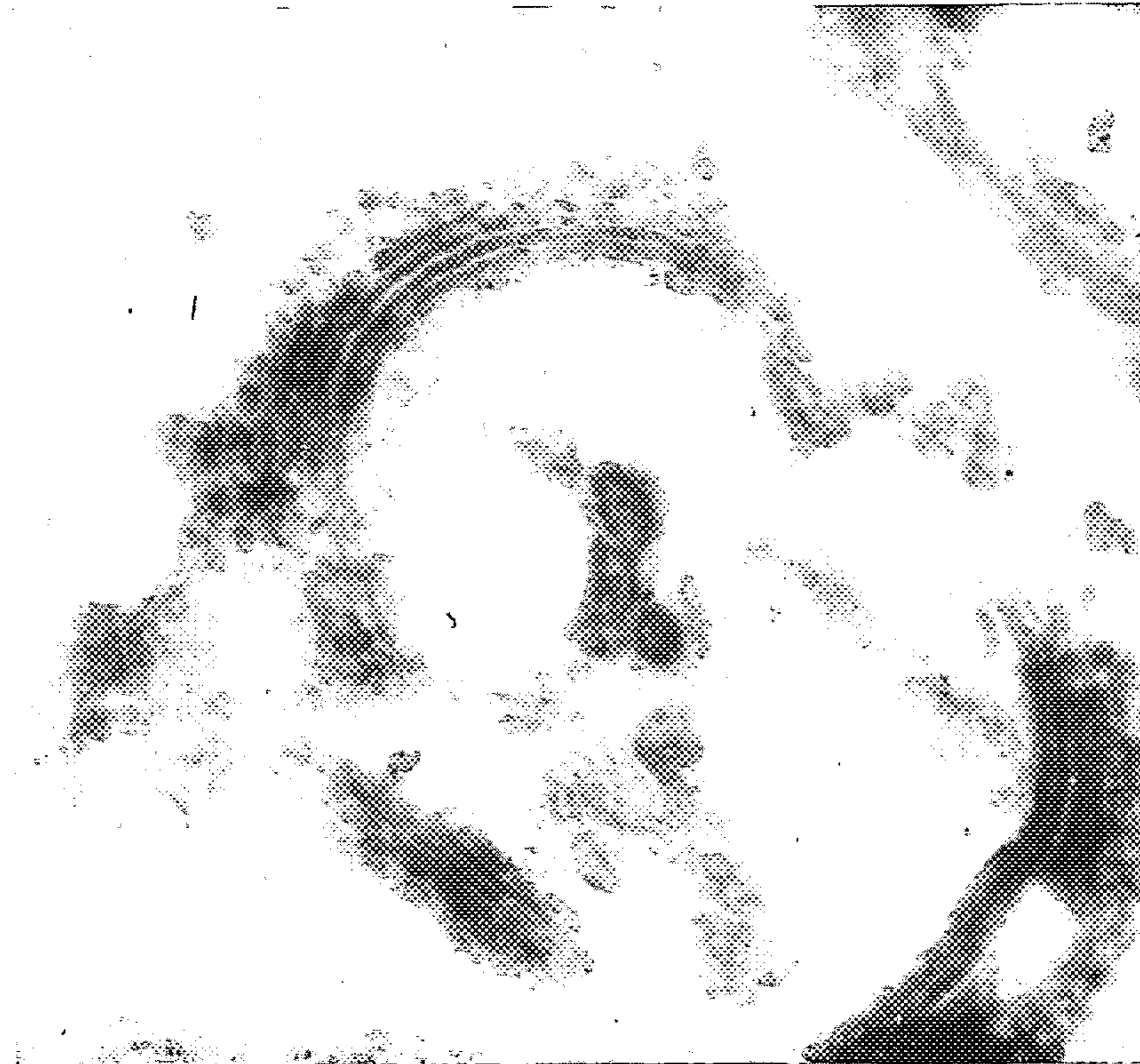
2° Au contact même des lamelles ou à leur voisinage immédiat, on découvre, apparaissant en sombre sur la photographie, de nombreuses *vésicules*, qui s'ordonnent parfois en guirlandes le long des dictyosomes et sur leurs deux côtés (non entre les lamelles). L'idée qui vient tout d'abord à l'esprit, c'est que ces vésicules correspondent par leur emplacement à de la substance chromophobe; mais à la réflexion, cette idée n'est pas acceptable. En effet, ces vésicules que nous qualifierons de *chromophiles* sont si petites, 30 à 50 mμ environ, que l'œil ne peut les découvrir à l'aide du microscope optique, qui ne les sépare pas de la substance chro-

(1) O. Duboscq et P.-P. Grassé, *Arch. Zool. exp. et géné.*, 73, 1933, p. 381-621; P.-P. Grassé et A. Hollande, *Arch. Zool. exp. et géné.*, 82, 1939, p. 301-319; P. Favard, *Ann. sc. nat. Biol. ani.*, 11e série, 17, 1955, p. 369-394.

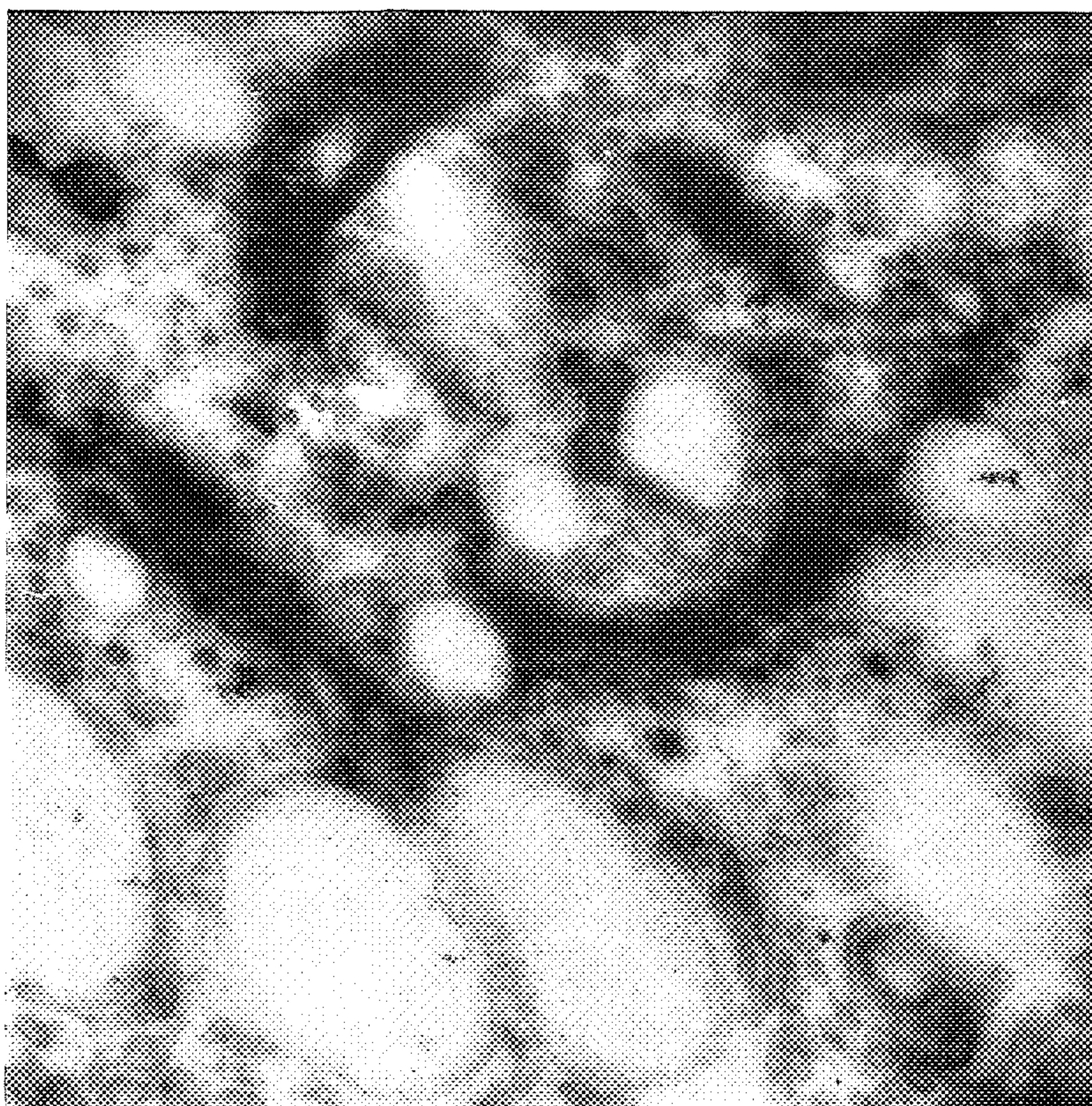
1



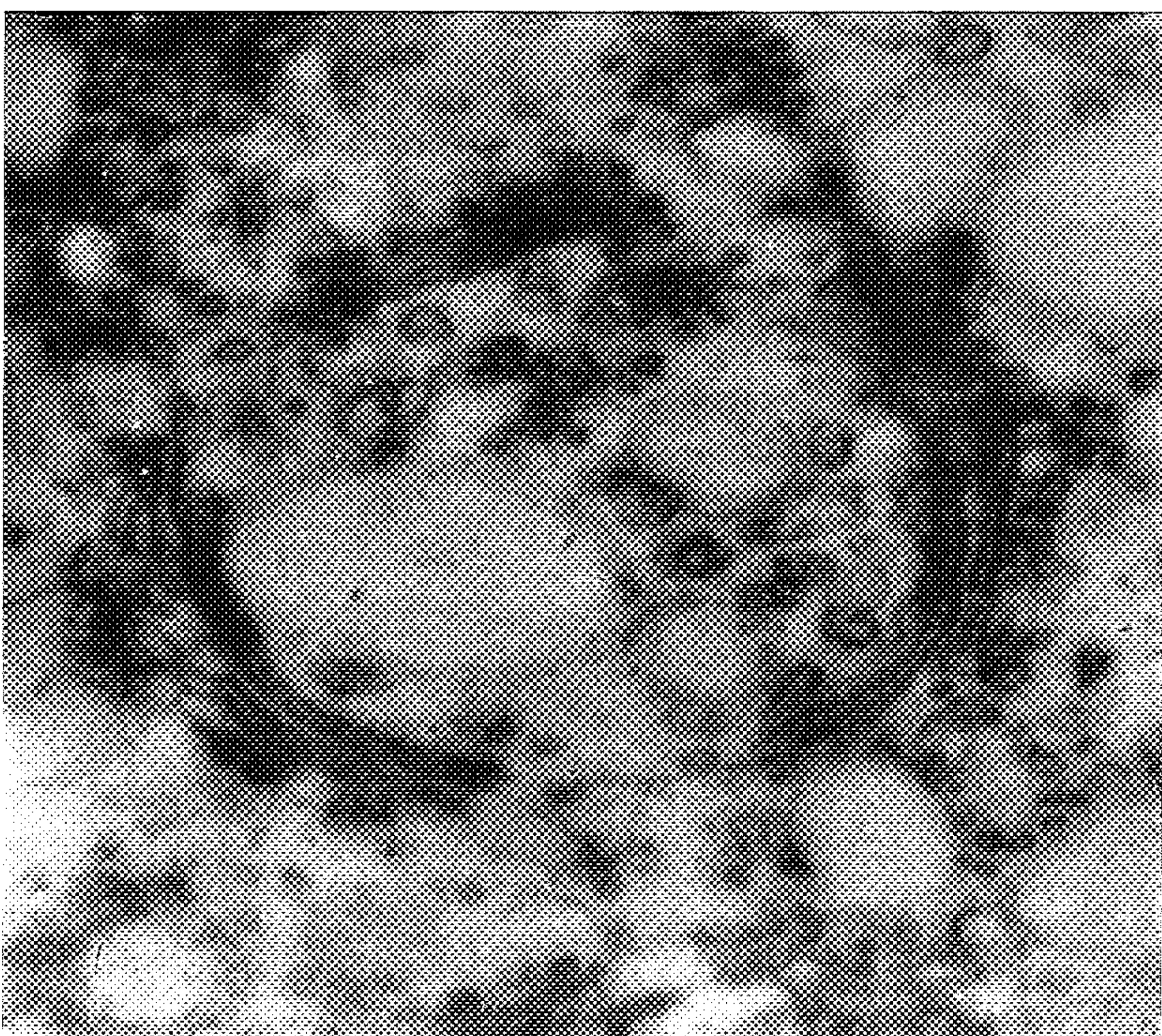
2



3



4



mophile du dictyosome et, d'autre part, elles paraissent posséder une osmiophilie que n'a pas la substance chromophobe classique.

3° Dans la concavité des piles de lamelles, on aperçoit des sortes de *vésicules à paroi épaisse*, de taille incomparablement supérieure à celle des vésicules chromophiles; leur « internum » est clair et homogène sur les photographies. Ces formations, avec quelques corpuscules de forme mal définie et la substance homogène dans laquelle elles baignent nous paraissent devoir correspondre à la substance chromophobe. Il est possible que des fixations supérieures à celles actuellement pratiquées permettent dans l'avenir d'obtenir des images meilleures et d'être plus affirmatifs que nous ne le sommes aujourd'hui. En outre des vésicules de même aspect mais beaucoup plus grosses se voient parfois rangées avec régularité sur la face externe (convexe) du dictyosome.

Nos résultats correspondent, en partie seulement, à ceux qui ont déjà été obtenus en microscopie électronique par divers chercheurs travaillant pour la plupart sur des cellules somatiques différenciées ([2]) et non sur des cellules germinales. Dans cette Note préliminaire, nous ne pouvons tenter de parallèle; la place nous fait défaut. Aujourd'hui qu'il nous suffise de dire que la *réalité de l'appareil de Golgi est mise hors de doute, qu'il ne se confond pas avec des vacuoles colorables au rouge neutre, qu'il est essentiellement distinct du chondriome*, lequel a une structure en tous points différente. Les termes de lépidosomes, de lipochondries, etc., sont inutiles et à rayer de la nomenclature cytologique. La notion de zone de Golgi a le tort de laisser croire que l'appareil de Golgi n'a pas son individualité propre, elle pêche par son imprécision; quiconque a une connaissance de l'appareil de Golgi dans la série animale ne peut l'admettre qu'avec d'expresses réserves et seulement comme un voile jeté sur notre ignorance.

LÉGENDES DES FIGURES.

Fig. 1. — Coupe de deux dictyosomes dans un spermatocyte d'Escargot (*Helix pomatia*). Gr. direct 19 500; gr. photographique 52 000.

Fig. 2. — Coupe passant au travers de l'idiozome d'une jeune spermatide de Grenouille peinte. Elle intéresse plusieurs dictyosomes et passe probablement en dehors de l'acrosome. La photographie a été intentionnellement tirée « claire » afin de mieux mettre en valeur les lamelles formant la substance chromophile. Gr. direct 30 000; gr. photographique 82 000.

Fig. 3 et 4. — Autres coupes d'idiozomes appartenant à de jeunes spermatides de Grenouille peinte. Ces deux photographies ont été tirées plus sombres de façon à faire ressortir les petites vésicules osmiophiles. Gr. direct 19 500; gr. photographique 53 000.

(Fixation osmique. Photographies non retouchées, obtenues avec le microscope électronique R.C.A.EMU3A.)

([2]) A. J. Dalton et M. C. Felix, *Amer. J. Anat.*, 94, 1954, p. 171-208; F. S. Sjöstrand et V. Hanzon, *Exp. Cell. Res.*, 7, 1954, p. 415-429; F. Haguenau et W. Bernhard, *Arch. Anat. Micr. et Morph. Exper.*, 44, 1, 1955, p. 27-55; H.-W. Beams et T.-N. Tahmisian, *Cytologia*, 18, 2, 1953, p. 157-166; F. Haguenau, *Comptes rendus*, 241, 1955, p. 708.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Inversion et déterminisme de la symétrie bilatérale dans les œufs d'oiseaux.* Note (*) de M. **Paul Ancel.**

L'inversion n'est pas réalisée dans les voies génitales des Oiseaux, mais créée par l'observateur.

Lorsqu'on examine par un orifice pratiqué dans la coquille un jeune embryon de Poule en plaçant le gros bout de l'œuf à gauche comme le font les auteurs depuis von Baër, on constate que dans la grande majorité des cas le plan de symétrie bilatérale de l'embryon est perpendiculaire au grand axe de l'œuf et la tête de l'embryon éloignée de l'observateur (schéma 3). La chalaze qui unit le jaune au gros bout de l'œuf est enroulée vers la droite (sens positif, dextrorsum) et celle qui unit le jaune au petit bout enroulée vers la gauche (sens négatif, senestrorsum). Dans certains cas dits d'inversion, le sens de l'enroulement des chalazes est inversé et la tête de l'embryon vers l'observateur (schéma 4).

Clavert et Vintemberger ([1]) chez la Pigeonne et la Cane, Ancel et Marca ([2]) chez la Poule, ont observé à l'aide de radiographies que dans tous les cas d'inversion le gros bout de l'œuf dans l'utérus était dirigé vers le bas (schéma 2), tandis que dans les conditions normales l'œuf dans l'utérus a son petit bout dirigé vers le bas (schéma 1).

Ce fait, ignoré de tous les auteurs ayant étudié l'inversion, nous paraît suffisant pour mettre en évidence le caractère fictif de celle-ci. En effet, que l'œuf dans l'utérus ait son gros bout en haut ou en bas, sa rotation s'exécute toujours dans le même sens, elle détermine la formation d'une chalaze supérieure dite ovarienne et d'une chalaze inférieure dite cloacale. Dans un cas comme dans l'autre, le sens de la rotation étant inchangé, la chalaze ovarienne s'enroule dans le sens positif (dextrorsum) et la chalaze cloacale dans le sens négatif (senestrorsum). Pour la même raison, l'orientation de l'embryon reste la même dans les deux cas (schémas 1 et 2). Il n'y a donc dans aucun cas inversion ni dans le mode d'enroulement de chacune des deux chalazes, ni dans la position de l'embryon pendant le séjour de l'œuf dans l'utérus.

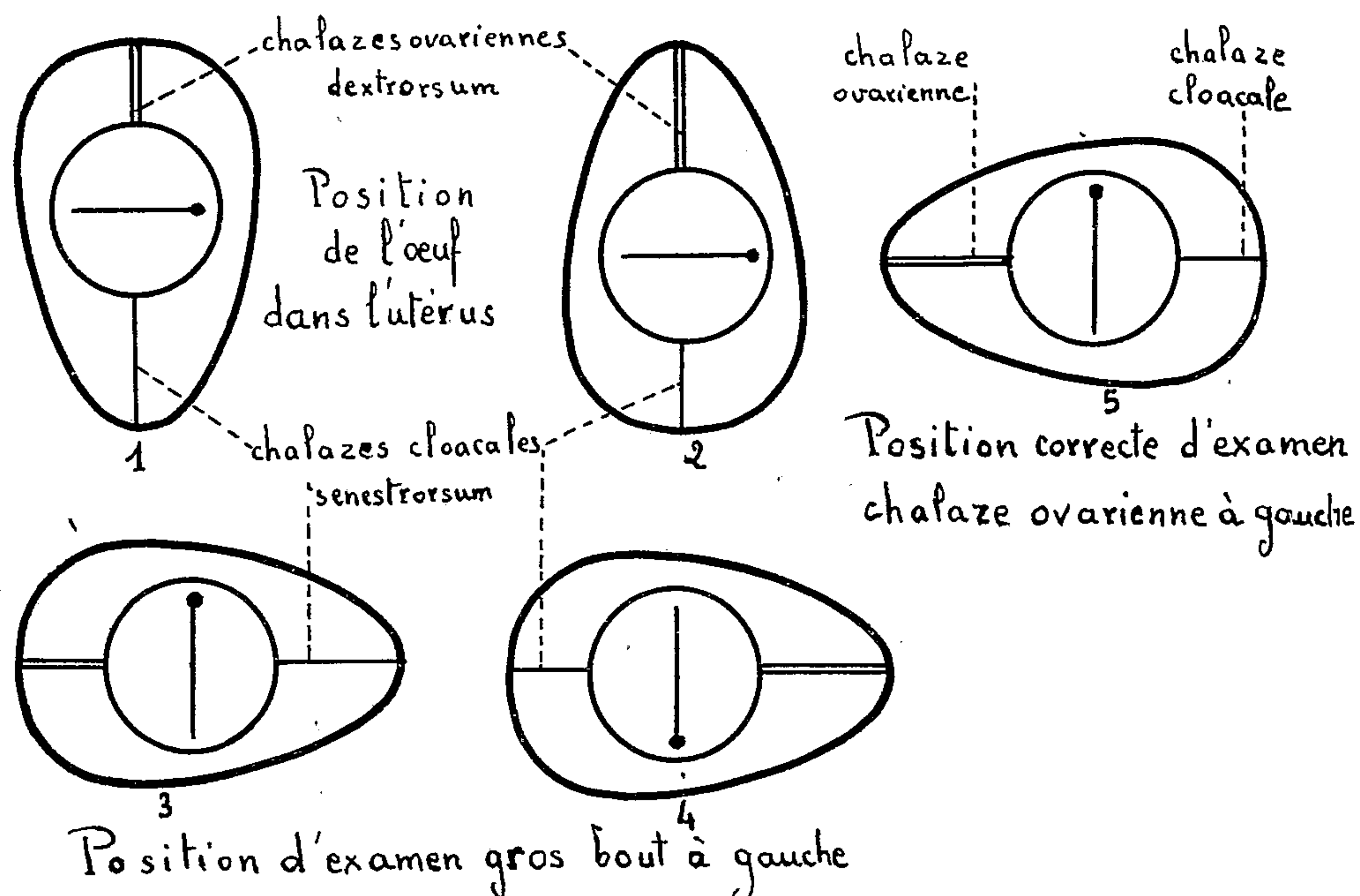
La seule différence est que la chalaze ovarienne insérée au bout supérieur de l'œuf dans l'utérus est dans le premier cas (schéma 1) insérée au gros bout et dans le second cas insérée au petit bout (schéma 2), et inversement pour la cloacale.

(*) Séance du 31 octobre 1955.

([1]) *C. R. Soc. Biol.*, 148, 1954, p. 1122.

([2]) *Comptes rendus*, 241, 1955, p. 919.

Pour examiner l'embryon, les auteurs placent l'œuf comme von Baër, gros bout à gauche; la chalaze de gauche est donc l'ovarienne dans le cas où l'œuf avait son petit bout en bas dans l'utérus (schéma 3), mais cette chalaze de gauche est la cloacale quand l'œuf avait le gros bout en bas dans l'utérus (schéma 4). L'observateur qui ne sait pas au moment où il



examine l'embryon quelle était la position de l'œuf dans l'utérus croit que la chalaze insérée au gros bout est toujours l'ovarienne et la dit inversée alors que c'est la cloacale normalement enroulée en sens négatif (senestrorsum). Une semblable erreur est faite pour la chalaze insérée au petit bout de l'œuf qui est l'ovarienne enroulée dextrorsum comme normalement et que l'observateur croit être la cloacale inversée.

Pour comparer les chalazes et les embryons provenant d'œufs ayant les positions des schémas 1 et 2 dans l'utérus lorsqu'on les connaît, il faut les examiner en plaçant à gauche de l'observateur la chalaze ovarienne. Dans ces conditions, l'inversion des chalazes et de l'embryon disparaît; l'illusion cesse (schéma 5).

En somme, l'inversion des chalazes et de l'embryon n'est pas réalisée dans les voies génitales des Oiseaux mais créée par l'observateur qui examine l'embryon de l'œuf dont le gros bout était en bas dans l'utérus après avoir retourné, sans s'en rendre compte, son grand axe qui unit le gros bout au petit. A proprement parler, l'inversion décrite par de nombreux auteurs n'existe donc pas.

C'est la confusion entre les chalazes différenciées à tort l'une de l'autre par la forme du bout de l'œuf sur laquelle elles s'insèrent qui a fait croire à Clavert et Vintemberger que dans le cas où l'œuf se trouvait gros bout en bas dans l'utérus le sens de la rotation imposée à l'œuf par cet organe était inversé et à prendre ce phénomène inexistant comme base de leur conception du déterminisme de la symétrie bilatérale dans l'utérus.

M. **Henri Gaussen** fait hommage à l'Académie de la feuille *Mont-de-Marsan*, par Georges Lascombes et Claude Leredde, de la *Carte de la végétation de la France*, dont il dirige le Service.

Les Ouvrages suivants sont présentés :

par M. **Robert Courrier** : Institut Océanographique de Nhatrang. 45e *Note. Les Pagures du Vietnam*, par A. Fize et Raoul Serène.

par M. **Auguste Chevalier** : État du Vietnam. Centre national de recherches scientifiques et techniques. *Bulletin du C. N. R. S. T.* nos 3-4.

par M. **Maurice Caullery** : *Fossil Microplankton from Australian late mesozoic and tertiary sediments*, by Georges Deflandre and Isabel C. Cookson.

COMMISSIONS.

Par la majorité absolue des suffrages, MM. **Charles Maurain**, **Paul Montel**, **Gaston Dupouy**, pour la Division des sciences mathématiques et physiques; **Maurice Caullery**, **Charles Jacob**, **Charles Laubry**, pour la Division des sciences chimiques et naturelles, sont élus Membres de la Commission qui, sous la présidence de M. le Président de l'Académie, dressera une liste de candidats à la place de Membre non résidant vacante par la mort de M. *Pierre Teilhard de Chardin*.

CORRESPONDANCE.

M. **Jean Vignal** prie l'Académie de bien vouloir le compter au nombre des candidats à la place vacante, dans la Section de Géographie et Navigation, par la mort de M. *Emmanuel de Martonne*.

M. **Henri de La Borie** adresse en hommage à l'Académie une collection d'épreuves photographiques en couleurs obtenues par Louis Ducos du Hauron en 1874 et 1876.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Faune de France. 59. *Coléoptères curculionides* (Deuxième partie), par Adolphe Hoffmann.

2° *La fiebre amarilla en Venezuela durante el siglo XIX considerada por dos observadores en dos regiones diferentes*, par Manuel Noriega Trigo, in *Revista de la Sociedad medico-quirurgica del Zulia*.

3° *Réaumur, les Guêpes et le Papier*, par Henri Gachet, in *Papier Geschichte*.

Il signale également une *Circulaire d'information* polycopiée de l'Union internationale de physique pure et appliquée. Document SG. 55.5 et 6 Annexes.

ALGÈBRE ABSTRAITE. — *Sur l'extension des corps algébriques abstraits par le procédé généralisé de Cantor, basé sur les suites générales de Moore-Smith qui contiennent une chaîne confinale*. Note de M. **Otton Martin Nikodým**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

On prouve ici que l'extension des corps algébriques par le procédé généralisé de Cantor, basée sur les suites de Moore-Smith, contenant une confinale sous chaîne, n'est pas plus générale que l'extension basée sur les suites bien ordonnées. On donne aussi des conditions pour que toute suite fondamentale généralisée soit constante à partir d'un indice.

1. Nous nous référons, pour les notions et leur caractère logique, les notations et les travaux cités, à la Note (¹) de l'auteur et de Mme Nikodým où nous avons traité l'extension des corps algébriques par le procédé généralisé de Cantor au moyen des chaînes générales.

Par un *ordre* (ordre partiel) nous entendons une correspondance satisfaisant aux conditions 1°, 2°, 3° spécifiées dans la Note citée (p. 334) et, par un *MS-ordre*, un ordre A tel que pour tout a, $b \in \mathsf{a}A$ il existe c où aAc, bAc (ce que nous écrirons $a \leqq c$, $b \leqq c$). Par une *MS-A-suite* (« directed set ») nous entendons une fonction $\{f(a)\}$ telle que $\mathsf{a}f = \mathsf{a}A$ et où $\mathsf{a}f$ est contenu dans un corps algébrique général F, pourvu d'une valuation $|\alpha|$, prise d'un corps algébrique linéairement ordonné V.

Une A-suite s'appelle *fondamentale* lorsque pour tout $\varepsilon > 0$, $\varepsilon \in V$ il existe $a_0 \in \mathsf{a}A$ tel que $a' \geqq a_0$, $a'' \geqq a_0$ entraîne $|f(a') - f(a'')| \leqq \varepsilon$, *nulle*, lorsqu'il existe $a_0 \in \mathsf{a}A$ tel que $|f(a)| \leqq \varepsilon$ pour tout $a \geqq a_0$, *triviale*, s'il existe a_0 tel que pour tout $a \geqq a_0$ on a $f(a) = \text{const}$. Un sous-ordre B de A s'appelle *confinal avec A*, si pour tout $a \in \mathsf{a}A$ il existe $b \in \mathsf{a}B$ avec $a \leqq b$.

2. Soit A une MS-suite et B un bon ordre partiel, confinal avec A et tel que le nombre ordinal Φ de B est distingué et prime. Écrivons B comme $b_1 < b_2 < \ldots < b_\nu < \ldots$, $(\nu < \Phi)$ et posons $\{G(\nu)\} = \{F(b_\nu)\}$ où $F(b_\nu) \in F$.

(¹) *Rendic. dell' Accad. dei Lincei*, 3e série, 17, 1954, p. 334-339.

Nous allons faire correspondre, à $\{G(\nu)\}$, une MS-suite $\{\overline{F}(a)\}$ comme il suit.

Considérons l'ensemble $\alpha(b)=\{x \mid x \in \mathfrak{a}A, x \leqq b\}$ pour tout $b \in \mathfrak{a}B$; définissons $\gamma(b)=\alpha(b)-\bigcup_{b'<b, b' \in \mathfrak{a}B} \alpha(b')$ pour tout $b \in \mathfrak{a}B$ qui n'est pas l'élément minimum de B et, $\gamma(b)=\alpha(b)$ s'il l'est. Si $a \in \mathfrak{a}A$, il existe l'indice unique $N(a)$ tel que $a \in \gamma(b_{N(a)})$. Posons $\overline{F}(a)=G(N(a))$ et, appelons-la *extension naturelle* $S\{G\}$ de G.

1° Si $a \in \mathfrak{a}B$, on a $\overline{F}(a)=F(a)$. 2° Si $\{G(\nu)\}$ est Φ-fondamentale [Φ-nulle], alors $S\{G(\nu)\}$ est A-fondamentale [A-nulle]. 3° Si $\{F(a)\}$ est A-fondamentale [A-nulle], alors $\{G(\nu)\}$ définie comme $\{F(b_\nu)\}$ est Φ-fondamentale [$\overline{\Phi}$-nulle]. 4° Équivalent sont : I. $\{G(\nu)\}$ est B-triviale avec constante c, II. $S\{G(\nu)\}=\overline{F}(a)$ est A-triviale avec constante c.

La notion de suite nulle engendre celle des classes d'équivalence de suites fondamentales. Si $\{F(a)\}$ est A-fondamentale, $G(\nu)=F(b_\nu)$ est sa suite partielle $(\nu<\Phi)$, alors $\{\mathrm{F}(a)\}$ est A-équivalent à $\{\overline{F}(a)\}$.

Définissons la correspondance T entre les B-classes d'équivalence et celles de A-équivalence que voici : Si ψ est une B-classe et $G(\nu)=F(b_\nu)$ est son représentant, nous attachons à ψ la A-classe dont un des représentants est l'extension naturelle $S\{G\}$ de $\{G\}$. T est un isomorphisme. Par conséquent, l'extension de F au moyen des Φ-suites et celle, au moyen des A-suites, sont isomorphes.

3. En appliquant ce qui précède au cas où A est une *MS*-suite admettant une chaîne confinale C et, en se servant de résultats de la Note citée, on prouve que les extensions cantoriennes de F par de telles A-suites sont isomorphes à ses extensions cantoriennes par des suites bien ordonnées convenables. Si la condition (V) : « pour tout $\varepsilon>0$, $\varepsilon+V$ il existe $\alpha \in F$ tel que $0<|\alpha| \leqq \varepsilon$ » n'est pas vérifiée, toute A-V-suite fondamentale est triviale. Si (V) est satisfaite, mais les cardinaux primes de confinalité de V et de C ne sont pas égaux, toute A-V-suite fondamentale est triviale. Dans le cas où F est linéairement ordonné, la condition (V) est satisfaite et, si les cardinaux primes de confinalité de F, V, C ne sont pas tous égaux, alors toute A-V-suite fondamentale est triviale.

Remarquons que tout ce qui précède s'applique, avec des modifications convenables, à des valuations générales de M. Krull et aussi aux anneaux.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Remarques sur les opérateurs récursifs et sur les fonctions récursives d'une variable réelle*. Note de M. **Daniel Lacombe**, transmise par M. Arnaud Denjoy.

1. La terminologie et les notations employées ont été définies dans des Notes précédentes [1]. Nous désignerons par $\mathfrak{F}$ l'ensemble des $\mathfrak{N}$-fonctions et par $\mathfrak{F}^*$ l'ensemble des $\mathfrak{N}$-fonctions récursives ($\mathfrak{F}^*=\mathfrak{F} \cap \mathfrak{S}^*$).

(1) D. Lacombe, *Comptes rendus*, 240, 1955, p. 2478; 241, 1955, p. 13 et 151.

2. Étant donné un opérateur quelconque F, nous appellerons *domaine de fonctionnalité* de F l'ensemble de toutes les semi-$\mathfrak{N}$-fonctions φ pour lesquelles $F(\varphi)$ est une $\mathfrak{N}$-fonction (ce domaine de fonctionnalité est donc l'image réciproque de $\mathfrak{F}$ par F). Un opérateur sera dit *totalement fonctionnel* si son domaine de fonctionnalité contient $\mathfrak{F}$.

3. Théorème I. — *Soit F un opérateur récursif totalement fonctionnel et soit ζ une $\mathfrak{N}$-fonction quelconque. Il existe alors une $\mathfrak{N}$-fonction ω telle que, quel que soit l'entier n et quelles que soient les $\mathfrak{N}$-fonctions φ et ψ, la condition*

(1) *pour tout entier* $x \leq \omega(n)$, $\varphi(x) = \psi(x) \leq \zeta(x)$

entraîne la condition

(2) *pour tout entier* $x \leq n$, $F(\varphi)(x) = F(\psi)(x)$.

De plus, lorsque ζ varie, F restant fixe, il existe un opérateur récursif G tel qu'on ait $\omega = G(\zeta)$ (ω est donc récursive lorsque ζ l'est).

Il s'agit là d'une propriété d'« uniformité » qui n'est pas toujours vérifiée par les opérateurs récursifs non totalement fonctionnels ([2]).

4. Théorème II. — *Il existe un opérateur récursif non totalement fonctionnel dont le domaine de fonctionnalité contient $\mathfrak{F}^*$.*

Cette proposition peut se déduire de la suivante :

Théorème III. — *Il existe une $\mathfrak{N}$-fonction récursive γ ne prenant que les valeurs 0 et 1, et telle que :*

1° *quelle que soit la $\mathfrak{N}$-fonction récursive φ, il existe un entier n tel que, pour tout entier $x \geq n$, on ait $\gamma[\overline{\varphi(x)}] = 1$, $\overline{\varphi(x)}$ désignant le « nombre de Gödel » de la suite $\varphi(0), \varphi(1), \ldots, \varphi(x-1), \varphi(x)$;*

2° *pour certaines $\mathfrak{N}$-fonctions arithmétiques ([3]) ψ, on ait, quel que soit l'entier x, $\gamma[\overline{\psi(x)}] = 0$.*

5. Dans la définition des fonctions d'approche ([4]) nous avons omis la condition suivante : *quels que soient les éléments o et o' de $]\mathfrak{O}[$, si o et o' sont adjacents, $\varphi(o)$ et $\varphi(o')$ doivent être adjacents ou à intersection non vide.* Cette condition est d'ailleurs superflue quand il s'agit de fonctions d'approche parfaites.

6. F étant un opérateur d'approximation et x un élément de $\mathfrak{R}$, F sera dit *parfait en x* (ou *au point x*) si $F(\alpha_x)$ ([5]) est une approximation parfaite.

φ étant une fonction d'approche et x un élément de $\mathfrak{R}$, φ sera dite *parfaite*

([2]) Sur les opérateurs récursifs totalement fonctionnels et sur le théorème d'uniformité, *cf.* A. Grzegorczyk, *Fund. Math.*, 42, n° 1, 1955, p. 168-202.

([3]) Sur le sens du mot *arithmétique*, *cf.* par exemple, S. C. Kleene, *Introduction to Metamathematics*, Amsterdam, 1952, p. 239.

([4]) D. Lacombe, *loc. cit.*, II, § 15.

([5]) D. Lacombe, *loc. cit.*, I, § 9.

en x si l'intersection de tous les intervalles $\varphi(o)$ qui correspondent à des intervalles o contenant x est réduite à un seul élément de $\mathfrak{R}$.

Nous désignerons par $\mathbf{P}(F)$ [respectivement $\mathbf{P}(\varphi)$] l'ensemble des éléments de $\mathfrak{R}$ en lesquels F (resp. φ) est parfait (resp. parfaite). F (resp. φ) permet de définir [par le même procédé que dans le cas déjà examiné où l'on avait $\mathbf{P}(F)=\mathfrak{R}$ ou $\mathbf{P}(\varphi)=\mathfrak{R}$] une application de $\mathbf{P}(F)$ [resp. $\mathbf{P}(\varphi)$] dans $\mathfrak{R}$, application qui est continue sur son ensemble de définition.

7. THÉORÈME IV. — *Quel que soit l'opérateur d'approximation récursif F, il existe une fonction d'approche récursive φ telle que $\mathbf{P}(F)=\mathbf{P}(\varphi)$. Et réciproquement.*

Nous appellerons $\mathfrak{R}^*$-*fonction récursive* toute application de $\mathfrak{R}^*$ dans $\mathfrak{R}$ définie par un opérateur d'approximation récursif F tel qu'on ait $\mathfrak{R}^*\subset\mathbf{P}(F)$. Une $\mathfrak{R}^*$-fonction récursive applique évidemment $\mathfrak{R}^*$ dans $\mathfrak{R}^*$.

8. A l'aide des théorèmes II et III, on démontre le :

THÉORÈME V. — *Il existe une $\mathfrak{R}^*$-fonction récursive qui n'est pas uniformément continue sur $\mathfrak{R}^*$* (6).

Une telle $\mathfrak{R}^*$-fonction ne peut pas être la restriction à $\mathfrak{R}^*$ d'une $\mathfrak{R}$-fonction continue (puisque $\mathfrak{R}$ est compact), ni *a fortiori* d'une $\mathfrak{R}$-fonction récursive.

9. On sait (7) que le maximum des valeurs prises par une $\mathfrak{R}$-fonction récursive sur un segment $[a, b]$ à extrémités récursives est un nombre récursif (qui est d'ailleurs une fonction récursive de a et b). Lorsque ce maximum n'est atteint que pour un nombre fini de valeurs de la variable, ces valeurs sont récursives (8). Il n'en est pas de même lorsque le maximum est atteint pour une infinité d'éléments de $[a, b]$. Par une méthode analogue à celle employée dans le théorème V on peut construire une $\mathfrak{R}$-fonction récursive dont la valeur maximum sur le segment $[0, 1]$ n'est atteinte que pour des valeurs non récursives de la variable.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur la décomposition de F. Riesz.* I. Note de M. **SHIN-ICHI MATSUSHITA**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

Démonstration très simple d'un théorème fondamental de M. F. Riesz sur la décomposition d'une fonction surharmonique, en utilisant l'opérateur Φ_D (laplacien local), qui est un homomorphisme d'un espace vectoriel engendré des fonctions surharmoniques dans D sur l'espace des mesures dans D.

Dans toute la suite E désignera un espace euclidien à n dimensions ($n\geq 3$), avec la distance euclidienne $r(x, y)$ et la mesure de Lebesgue $dx=dx_1\ldots dx_n$; étant donné un domaine D dans E, on pose quelques notations comme suit :

(6) G. Kreisel a déjà obtenu un résultat analogue (non publié) concernant une autre classe d'applications « récursives » de $\mathfrak{R}^*$ dans $\mathfrak{R}^*$.

(7) D. LACOMBE, *loc. cit.*, III, § 25, théorème IX.

(8) GRZEGORCZYK, *loc. cit.*, p. 196, théorème 4.

$\mathfrak{M}(D)$ = espace vectoriel des mesures de Radon sur D; $\mathfrak{M}^+(D)$ = cône convexe de $\mathfrak{M}(D)$ constitué des mesures positives.

$L^0(D)$ = espace vectoriel normé des fonctions continues à support compact dans D, dans lequel les fonctions ≥ 0 constituent le cône convexe $L^+(D)$: $L^0(D)$ est alors le dual topologique à $\mathfrak{M}(D)$ lorsqu'on munit celui-là de la topologie vague.

$\Gamma(D)$ = ensemble convexe des fonctions surharmoniques dans D; l'enveloppe linéaire de $\Gamma(D)$ (sur le corps réel) est noté $\Pi(D)$. Toute $f \in H(D) \equiv \Gamma(D) \cap (-\Gamma(D))$ est harmonique dans D. C^p désignera les fonctions de classe p, $1 \leq p \leq +\infty$ [1].

1. *L'opérateur* Φ_D (*laplacien local*). — Bornons-nous maintenant à considérer un domaine relativement compact D. Soit $f \in \Gamma(D)$; pour toute $g \in L^+(D) \cap C^2$ avec le support K, il existe une suite des $f_j \in \Gamma(K_0) \cap C^2$ telle que $f_j \nearrow f$ dans l'intérieur K_0 de K et qu'on ait

$$(1) \qquad 0 \geq \int_E g(-\Delta f_j)\,dx = \int_E f_j(-\Delta g)\,dx \to \int_E f(-\Delta g)\,dx;$$

la première égalité résulte de la formule classique de Green, puisque g s'annule en dehors de $K \subset D$. L'application $f \to \varphi_D(f)$ définit une fonctionnelle positivement linéaire $\langle \varphi_D(f) \rangle (g)$ sur le demi-espace $L^+(D) \cap C^2$, qui est positivement riche dans $L^+(D)$; d'après un théorème de N. Bourbaki [2] on obtient une et une seule mesure $\varphi_D(f) \in \mathfrak{M}^+(D)$ prolongée de la fonctionnelle ci-dessus. L'opérateur φ_D se prolonge encore linéairement à celui sur $\Pi(D)$. Par le même raisonnement on a la

PROPOSITION 1. — *Soit* B *un sous-domaine de* D *tel que* $\bar{B} \subset D$, *alors il existe pour toute* $f \in \Gamma(D)$ *une suite des* $g_i \in \Gamma(B) \cap C^p$ *telles que* $g_i \nearrow f$ *dans* B *et que* $\mu_i = (-\Delta g_i)\,dx_B$ *convergent vaguement vers* $\varphi_B(f)$, *où* dx_B = *restriction de* dx *dans* B.

Soient λ et λ' deux mesures sphériques de masse totale $+1$ réparties uniformément sur les sphères Σ et Σ' de centre commun, respectivement telles que $\Sigma' \subset \Sigma \subset D$; pour le potentiel newtonien U^μ d'une $\mu \in \mathfrak{M}^+(D)$ [3] il existe une suite des $g_i \in \Gamma(D) \cap C^3$ telles que $g_i \nearrow U^\mu$. Comme $U^{\lambda'-\lambda} \in L^+(D)$, on a $\int U^{\lambda'-\lambda}\,d\varphi_D(U^\mu) = \lim_{i \to \infty} \int U^{\lambda'-\lambda}\,d\mu_i$ (prop. 1, posant D = E,

---

(1) Fonctions possédant des dérivées partielles continues jusqu'à l'ordre p inclus. Nous notons par Δ le laplacien usuel $\sum_{i=1}^{n} \partial^2/\partial x_i^2$.

(2) *Intégration*, Livre 6, 1952, Prop. 2, p. 56.

(3) $U^\mu = \int N_n^{-1} r^{2-n}\,d\mu$ où $N_n = 2(n-2)\pi^{n/2}/\Gamma(n/2)$.

$B=D)=\lim_{i\to\infty}\int U^{\mu_i}d(\lambda'-\lambda)=\lim_{i\to\infty}\int g_i d(\lambda'-\lambda)$ (parce que $\Delta(U^{\mu_i}-g_i)=\Delta g_i-\Delta g_i=0$, c'est-à-dire $U^{\mu_i}-g_i\in H(D))=\int U^{\mu}d(\lambda'-\lambda)=\int U^{\lambda'-\lambda}d\mu$. Les $U^{\lambda'-\lambda}$ étant totaux dans $L^0(D)$ ([4]), on a la

PROPOSITION 2. — *Pour toute* $\mu\in\mathfrak{M}(D)$, *on a* $\Phi_D(U^{\mu})=\mu$.

En remplaçant λ' par la mesure ponctuelle $+1$ placée au centre x_0 de Σ, notée ε, si $\Phi_D(f)\geq 0$, on a $\Phi_B(f)\geq 0$, quel que soit B, $\Sigma\subset B\subset\bar{B}\subset D$, d'où $0\leq\int U^{\varepsilon-\lambda}d\Phi_B(f)\leq\varliminf_{i\to\infty}\int U^{\varepsilon-\lambda}d\nu_i$ où $d\nu_i=(-\Delta g_i)\,dx_B$, $g_i\in\Gamma(B)\cap C^2$ et $g_i\nearrow f$ dans B; d'ailleurs $\varliminf_{i\to\infty}\int_E U^{\varepsilon-\lambda}d\nu_i=\varliminf_{i\to\infty}\int_B U^{\nu_i}d(\varepsilon-\lambda)=\varliminf_{i\to\infty}\int_B g_i d(\varepsilon-\lambda)$ (voir ci-dessus) $\leq\overline{\lim_{i\to\infty}}\,g_i(x_0)-\lim_{i\to\infty}\int_E g_i d\lambda=f(x_0)-\int_E f d\lambda$, d'où $f(x_0)\geq\int f d\lambda$.
Il résulte de là que :

PROPOSITION 3. — *Pour que* $f\in\Gamma(D)$ (*ou* $\in H(D)$), *il faut et il suffit que* $\Phi_D(f)\in\mathfrak{M}^+(D)$ (*resp. que* $\Phi_D(f)$ *soit nulle*).

THÉORÈME 1. — *L'opérateur* Φ_D *est une application linéaire, ou un homomorphisme de* $\Pi(D)$ *sur* $\mathfrak{M}(D)$; *de plus, il applique* $\Gamma(D)$ *sur* $\mathfrak{M}^+(D)$ *et* $H(D)$ *à une mesure nulle. Ainsi, le noyau de cet homomorphisme est* $H(D)$, *et dans le quotient* $\mathfrak{M}(D)/H(D)$; *i*) *chaque classe d'équivalence contient un et un seul potentiel de mesure* $\in\mathfrak{M}(D)$, *ii*) *la différence de deux fonctions quelconques de la même classe est harmonique dans* D.

En d'autres termes, c'est la « décomposition de F. Riesz » ;

$$f=U^{\Phi_D(f)}+h_D,\quad \text{où}\quad h_D\in H(D),\tag{2}$$

dont l'unicité de décomposition est évidente.

Envisageons le potentiel V dont le noyau est une *fonction de Green* $G(x,y)$, qui est régulière dans un domaine D_0, c'est-à-dire

$$V^{\mu}(x)=\int_E G(x,y)\,d\mu(y)=U^{\mu}(x)-\int_E h(x,y)\,d\mu(y)\quad\text{où}\quad h(x,y)\in H(D_0)$$

par rapport à $x\in D_0$. Conformément à l'expression (2), si $D\subset D_0$ est *relativement compact*, on a aisément ([5]);

$$f=V^{\Phi_D(f)}+\tilde{h}_D,\quad\text{où}\quad \tilde{h}_D\in H(D).\tag{3}$$

([4]) H. CARTAN, *Ann. Univ. Grenoble*, 22, 1946, p. 221-280.

([5]) En effet, $H(x)=\int h(x,y)\,d\mu(y)\in H(D)$ parce que μ est de masse totale finie, d'où $\Phi_D(V^{\Phi_D(f)})=\Phi_D(U^{\Phi_D(f)})-\Phi_D(H)=\Phi_D(f)$ et $\Phi_D(\tilde{h}_D)=0$.

STATISTIQUE MATHÉMATIQUE. — *Sur une expression de la fonction* $K(x, y)$ *de Pólya, liée au test de Wald.* Note (*) de M. **Jean Méric**, présentée par M. Joseph Pérès.

M. Pólya [1] étudiant le test binomial de Wald comme un problème de marche au hasard dans le plan, montre sur un exemple numérique la possibilité d'obtenir les fonctions caractéristiques de ce test par une voie différente de celle de M. Walker [2]. Dans cette Note est indiquée une expression de la fonction $K(x, y)$ introduite par Pólya, expression qui nous a conduit à une généralisation des résultats de cet auteur.

M. G. Pólya [1] étudie la réalisation graphique du test binomial de Wald. Les droites caractéristiques du test sont les deux droites parallèles : D_1, d'équation $ay - bx = k_1$, et D_2 d'équation $ay - bx = -k_2$, a, $b \geq a$, k_1 et k_2 étant des entiers positifs. Le point échantillon ou mobile M ne pouvant effectuer que des sauts de longueur unité parallèles à Ox ou à Oy, et dans le sens des x ou des y croissants, nous remplaçons les droites D_1 et D_2 par deux lignes brisées représentant les deux chemins extrêmes que peut parcourir M sans sortir de la zone d'indécision.

Nous appelons ces lignes respectivement *bord des* x, B_x, et *bord des* y, B_y, la région comprise entre B_x et B_y étant la *bande caractéristique* du test. Conformément aux notations de Pólya, $K(x, y)$ désigne le nombre des chemins issus de l'origine et aboutissant au point (x, y) sans sortir de la bande T. La fonction $K(x, y)$ vérifie l'équation aux différences partielles

$$K(x, y) = K(x - 1, y) + K(x, y - 1). \tag{1}$$

On entend par limite passive P de la bande T l'ensemble des points extérieurs à T, mais suivant immédiatement un point de T (point nécessairement situé sur B_x ou sur B_y). Cette limite comporte deux parties : limite passive des x, P_x correspondant à B_x ; limite passive des y, P_y correspondant à B_y. La limite active A est l'ensemble des points extérieurs à T mais précédant immédiatement un point de T. On constate que P_y est un sous-ensemble de A_y, et A_x un sous-ensemble de P_x. La figure ci-après illustre ces définitions.

Les points (x, y) et $(x + ia, y + ib)$ occupant par rapport aux droites D_1 et D_2 des positions homologues, il est indiqué d'écrire

$$K(x + ia, y + ib) = E^i K(x, y). \tag{2}$$

D'autre part, les bords B_x et B_y peuvent être divisés en tronçons superposables, de projections a sur Ox, b sur Oy.

(*) Séance du 24 octobre 1955.

[1] *Univ. California Publ. Math.*, nouv. série, 1, 1948, p. 229-239.

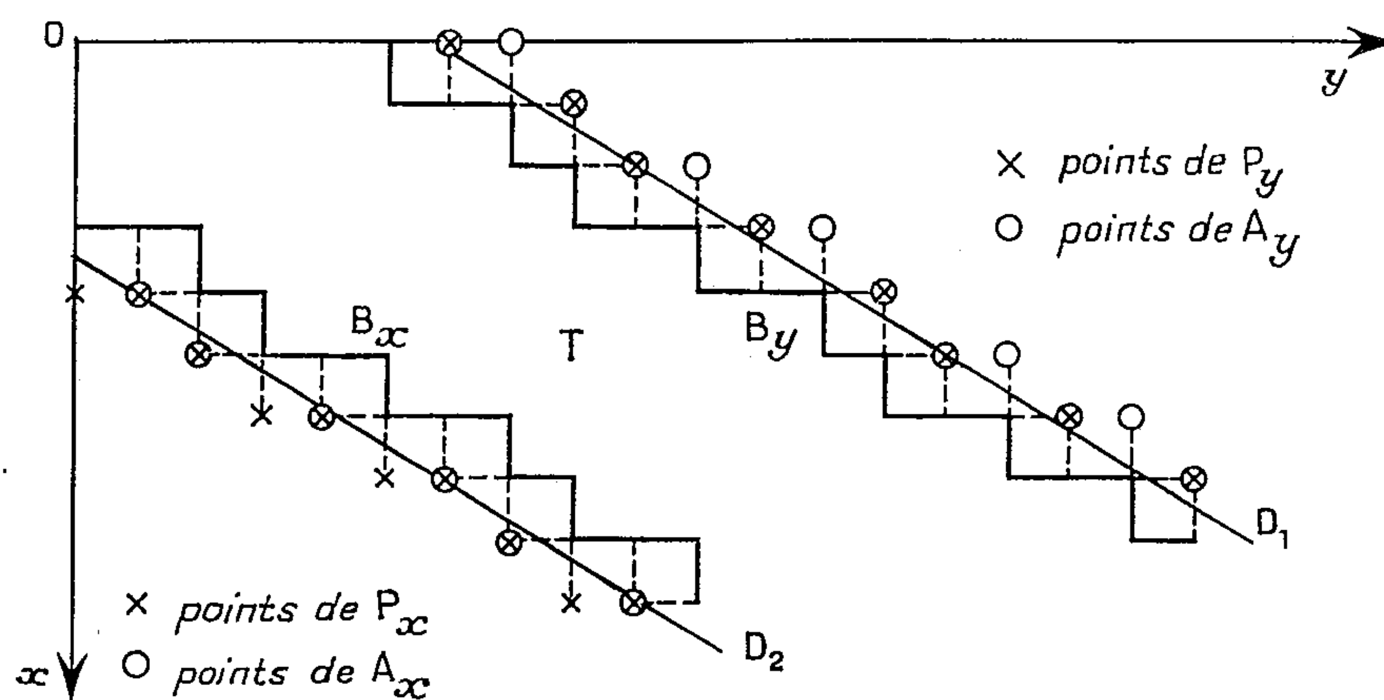
[2] *J. Roy. Stat. Soc.*, série B, 12, n° 2, 1950, p. 301-307.

Remarque. — Dans l'application de l'équation (1) on ne peut faire intervenir les points des limites A et P, la marche du mobile prenant fin dès qu'il a atteint un de ces points. De cette remarque se dégagent les propriétés suivantes, respectivement caractéristiques des bords B_x et B_y :

1° Ces bords présentent une succession de paliers parallèles à Oy;

2° Pour B_y, la fonction K a la même valeur K_i en tout point d'un même palier d'abscisse i, ainsi qu'au point correspondant de P_y.

3° Pour B_x, la valeur de la fonction K à l'extrémité d'un palier est la même qu'à l'origine du palier suivant. De plus, la valeur de K en un point de P_x est la même qu'au point de même ordonnée de B_x,



De ces propriétés, il résulte que :

$K_0, \ldots, K_i, \ldots, K_{a-1}$ *désignant les nombres des chemins aboutissant aux a premiers points de la limite passive* P_y, *la valeur de la fonction* K *en un point* (x, y) *de la bande* T *peut s'écrire sous la forme symbolique :*

$$K(x, y) = \alpha_0 K_0 + \ldots + \alpha_i K_i + \ldots + \alpha_{a-1} K_{a-1}, \tag{3}$$

les α_i *étant des polynomes en* E. *Soient* $M_0, \ldots, M_i, \ldots, M_{a-1}$ *les extrémités des a premiers paliers du bord des* y *:* $(0, y_0), \ldots, (i, y_i) \ldots (a-1, y_{a-1})$ *leurs coordonnées respectives; les coefficients* α_i *ont pour expression :*

$$\alpha_i = \sum_{\frac{(x+y)-(i+y_i)}{a+b} \leq \lambda \leq \frac{x-i}{a}} (-1)^{(x-i)-a\lambda} C_{(y_i-y)+b\lambda}^{(x-i)-a\lambda} E^{\lambda}. \tag{4}$$

En effet, la valeur de la fonction K en tout point de P_y peut s'écrire symboliquement : $E^{\lambda} K_i$; le calcul du coefficient α_i suffit donc à établir l'existence de la forme (3).

Calcul de α_i. — $K(i, y_i)$ intervient avec le coefficient 1 dans le calcul de $K(i, y)(y \leqq y_i)$ avec le coefficient zéro dans celui de $K(x, y)$ en un point situé

en aval de (i, y_i). Nous pouvons donc, pour calculer la contribution de $K(i, y_i)$ à l'expression (3) utiliser un artifice et poser

(5) $K(i, y) = K_i$ pour $(y \leq y_i)$; $K(x, y) = 0$ pour $(x + y) > (i + y_i)$.

On vérifie alors aisément que cette contribution prend la forme

(6) $$(-1)^{x-i} C_{y_i-y}^{x-i}.$$

En effet, si l'on substitue à K (x, y) l'expression (6) dans l'équation aux différences (1) et dans les conditions aux limites (5), on retrouve l'équation des coefficients binomiaux

$$C_{r+1}^{j+1} = C_r^{j+1} + C_r^j,$$

avec les conditions

$$C_r^0 = 1; \quad C_r^j = 0 \quad \text{pour } j < 0 \text{ ou } j > r.$$

On obtient de la même manière la contribution de $K(i + \lambda a, y_i + \lambda b) = E^\lambda K_i$:

(7) $$(-1)^{(x-i)-\lambda a} C_{(y_i-y)+\lambda b}^{(x-i)-\lambda a} E^\lambda K_i,$$

quantité différente de zéro si $\lambda \leq (x - i)/a$ et $\lambda \geq (x + y) - (i + y_i)/(a + b)$.

L'expression (4) du coefficient α_i se déduit immédiatement de ce résultat. Nous montrerons l'intérêt de (3) dans une prochaine publication.

AÉRODYNAMIQUE. — *Sur l'intégration d'une équation de Monge-Ampère.* Note (*) de M. **Henri Cabannes**, présentée par M. Joseph Pérès.

Les mouvements rectilignes non isentropiques d'un fluide parfait compressible sont régis par une équation de Monge-Ampère. On indique un changement de variables et de fonction qui permet de ramener un cas non isentropique au cas isentropique; on en déduit une solution exacte comportant une onde de choc.

1. Dans le mouvement rectiligne d'un fluide parfait compressible, la vitesse u, la pression p et la masse spécifique ρ sont des fonctions de l'abscisse x et du temps t. En vertu des équations du mouvement, il existe deux fonctions y et ψ telles que $dy = \rho u\, dx - (p + \rho u^2)\, dt$ et $d\psi = \rho\, dx - \rho u\, dt$. $\delta(\psi)$ désignant une fonction positive arbitraire et γ une constante supérieure à l'unité (rapport des chaleurs spécifiques), la pression et la masse spécifique sont liées par la relation suivante :

(1) $$\frac{1}{\rho} = \gamma \delta(\psi) p^{-\frac{1}{\gamma}}.$$

Martin [1] a montré que la fonction $z = y + pt$ des variables ψ et p vérifie

(*) Séance du 17 octobre 1955.

[1] *Canad. J. Math.*, 5, 1953, p. 37-39.

l'équation de Monge-Ampère suivante, dans laquelle nous avons posé $2m=(\gamma-1)/\gamma$:

$$\text{(2)} \qquad \mathrm{E} \equiv \frac{\partial^2 z}{\partial \psi^2}\frac{\partial^2 z}{\partial p^2}-\left(\frac{\partial^2 z}{\partial \psi\, \partial p}\right)^2+\delta(\psi)p^{2m-2}=0.$$

Le but de cette Note est de simplifier et de compléter certains des résultats de Martin ([2]) relatifs à l'équation précédente.

2. Lorsqu'on adopte les variables de Stanjukovich ([3]) $(1/\psi)$ et (p/ψ) et lorsqu'on prend comme inconnue la fonction (z/ψ), c'est-à-dire lorsqu'on effectue le changement de variables et de fonction défini par les formules (3), l'équation (2) se transforme en l'équation (4).

$$\text{(3)} \qquad \psi_1=\frac{1}{\psi}, \qquad p_1=\frac{p}{\psi}, \qquad z_1=\frac{z}{\psi};$$

$$\text{(4)} \qquad \mathrm{E}_1 \equiv \frac{\partial^2 z_1}{\partial \psi_1^2}\frac{\partial^2 z_1}{\partial p_1^2}-\left(\frac{\partial^2 z_1}{\partial \psi_1\, \partial p_1}\right)^2+\delta_1(\psi_1)p_1^{2m-2}=0,$$

avec

$$\text{(5)} \qquad \delta_1=\delta(\psi)\psi^{2m+2}.$$

La transformation (3) permet de ramener l'intégration de l'équation E à l'intégration de l'équation E_1. Lorsqu'on a $\delta(\psi)=\mathrm{A}\psi^{-2m-2}$ où A est une constante que l'on peut toujours supposer égale à l'unité, l'équation E_1 est celle des mouvements isentropiques et peut être intégrée de la façon suivante.

Les dérivées premières $\alpha=(\partial z_1/\partial\psi_1)$ et $\beta=(\partial z_1/\partial p_1)$ sont des fonctions de ψ_1 et p_1. En considérant ψ_1 et β comme fonctions de p_1 et α, on obtient le système (6) équivalent à l'équation (4) dans laquelle $\delta_1=1$. Le changement de variable $mp_2=p_1^m$ et l'élimination de la fonction $\beta(p_2, \alpha)$ conduit ensuite à l'équation (7) :

$$\text{(6)} \qquad \frac{\partial\beta}{\partial\alpha}+\frac{\partial\psi_1}{\partial p_1}=0, \qquad \frac{\partial\beta}{\partial p_1}+p_1^{2m-2}\frac{\partial\psi_1}{\partial\alpha}=0,$$

$$\text{(7)} \qquad \frac{\partial^2\psi_1}{\partial p_2^2}-\frac{\partial^2\psi_1}{\partial\alpha^2}-\frac{m-1}{m}\frac{1}{p_2}\frac{\partial\psi_1}{\partial\alpha}=0.$$

L'équation (7) est du type d'Euler-Darboux ([4]); on sait former son intégrale générale pour toutes les valeurs entières du quotient $(m-1)/2m$.

3. Une onde de choc se propage dans un fluide homogène au repos; la pression, la masse spécifique et la célérité du son ont pour valeurs p_0, ρ_0 et c_0. La trajectoire du choc a pour équation $c_0 t=\mathrm{F}(x)$; les équations du choc déterminent en fonction de x les valeurs immédiatement après le choc des quan-

([2]) *Pac. J. Math.*, 3, 1953, p. 165-187.

([3]) *Dokl. Akad. Nauk. S. S. S. R.*, 48, 1954, p. 441-444.

([4]) G. Darboux, *Théorie des surfaces*, 2, p. 65.

tités p, ρ et ψ (5); on en déduit l'expression de la fonction $\partial(\psi)$:

$$(8) \qquad \partial(\psi) = \frac{p_0^{\frac{1}{\gamma}}}{\gamma\rho_0}\left\{\frac{2}{\gamma+1}F'^2(\psi)+\frac{\gamma-1}{\gamma+1}\right\}\left\{\frac{2\gamma}{\gamma+1}F'^{-2}(\psi)-\frac{\gamma-1}{\gamma+1}\right\}^{\frac{1}{\gamma}}.$$

Il est toujours possible de choisir la fonction $F(x)$ de façon que la fonction ∂_1 soit constante. Pour cette onde de choc particulière, on sait intégrer l'équation E_1, donc déterminer de façon explicite l'écoulement après le choc. L'intensité du choc décroît et s'annule au bout d'un temps fini; on obtient ainsi un exemple théorique de disparition d'une onde de choc.

MÉCANIQUE STATISTIQUE DES FLUIDES. — *Grandeurs locales fines et grossières, fluctuations, dispersions et corrélations en Hydrodynamique statistique.* Note de M. **Daniel Massignon**, présentée par M. Louis de Broglie.

1. Dans des Notes antérieures (1), nous avons montré comment on pouvait former, en Mécanique statistique, les équations de transport de l'Hydrodynamique avec des grandeurs locales définies par les valeurs moyennes, dans un état statistique quelconque $f_N(q, p, t)$ et prises sur toutes les coordonnées (q, p) de la phase, de *grandeurs mécaniques* $A(q, p, R, t)$ convenablement construites au moyen de ∂ de Dirac :

$$(1) \qquad \overline{A}(R, t) = \int_\Gamma d\Gamma f_N(q, p, t)\sum_{k=1}^{N} A_k(q, p, t)\,\partial(q_k - R) = \left(\sum A_k\,\partial(q_k - R)\,|\,f_N\right)$$

Les grandeurs physiques locales $\overline{A}(R, t)$ dépendent du temps t et d'un point *donné* R du fluide comme de véritables (2) variables hydrodynamiques d'Euler (R, t), à la différence des grandeurs correspondantes antérieurement contruites en Théorie cinétique des fluides (3).

Les grandeurs mécaniques $A(q, p, R, t)$ ont aussi, elles-mêmes, un sens mathématique précis (4). C'est d'ailleurs à elles que se réduit (1) quand l'état f_N est la solution générale de l'équation de Liouville : chaque phénomène de

(5) *Ann. Fac. Sc. Marseille*, 22, 1953, p. 147-163.

(1) *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 1280 et 1331.

(2) On trouvera des démonstrations et discussions plus complètes de ces résultats dans D. Massignon, *Les propriétés locales en Mécanique statistique classique et en Mécanique quantique des fluides*, *Thèse*, Paris, juin 1955.

(3) En effet, dans ces théories, c'est la *position* q_k d'un corpuscule déterminé, soumis à l'agitation thermique, qui joue le rôle du point R : *cf.* J. Yvon, *La théorie statistique des fluides et l'équation d'état*, Paris, Hermann, 1935; J. G. Kirkwood, *J. Chem. Phys.*, 14, 1946, p. 180; M. Born et H. S. Green, *Proc. Roy. Soc.*, A, 190, 1947, p. 474.

(4) Par exemple, dans la *Théorie des distributions* de L. Schwartz, *Ann. Univ. Grenoble*, 21, 1945, p. 57; Paris, Hermann, I, 1950 et II, 1951.

transport dans le fluide se réduit alors à une propriété mécanique du système de ses corpuscules.

2. Or, la formation des équations de transport repose sur deux seulement des propriétés de la distribution δ de Dirac :

$$(2) \qquad \frac{\partial}{\partial q}\delta(q-R)+\frac{\partial}{\partial R}\delta(q-R)=0, \qquad \int dR\,\delta(q-R)=1.$$

Ces propriétés sont communes à $\delta(x)$ et à n'importe quelle fonction ou distribution $\theta(x)$ normée à l'unité. On trouvera donc des équations de transport de même forme en remplaçant $\delta(q-R)$ par $\theta(q-R)$ dans (1). *Il y a, ainsi, une infinité de manières de définir la grandeur mécanique associée à une grandeur physique locale donnée.* Cette possibilité de choix vient de la nature même de l'observation locale en Physique ([2]) : il y a, en effet :

a. Des observations *ponctuelles* en un point R donné, que nous avons décrites par des grandeurs mécaniques *fines* A_δ, définies avec des δ de Dirac : description équivalente, à un instant donné, à celle de la Théorie cinétique usuelle.

b. Des observations *non ponctuelles*, que nous décrirons par des grandeurs *grossières* A_θ, qui dépendent d'un point R *et aussi de son voisinage* : ces grandeurs seront construites avec des mesures $\theta(q-R)$ non négatives partout et pratiquement nulles hors d'un voisinage déterminé de R. Par exemple,

$$(3) \qquad \theta(q-R\,|\,v)=\frac{1}{v}\int_v ds\,\delta(q_k-R-S), \qquad \theta(q-R\,|\,\sigma)=\frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma}}e^{-\frac{|q-R|^2}{2\sigma^2}}.$$

Les grandeurs mécaniques grossières peuvent être considérées comme des moyennes pondérées des grandeurs fines de même nom dans l'espace du fluide, car

$$(4) \quad A_\theta=\sum A_k(q,p,t)\,\theta(q_k-R)=\int ds\,\theta(s)\sum A_k(q,p,t)\,\delta(q-R-s)=M_\theta[A_\delta].$$

3. L'introduction des grandeurs locales grossières à côté des grandeurs fines permet de traiter d'une façon complète en Hydrodynamique statistique tous les problèmes concernant les *fluctuations* $\Delta A = A - \overline{A}$ des valeurs des grandeurs attachées à un point donné autour de leurs valeurs moyennes.

Il n'était pas possible, en effet, de la faire en Théorie cinétique usuelle, dont les grandeurs sont équivalentes aux grandeurs fines A_δ : les dispersions $\overline{\Delta A^2}$ et les autres moments auraient fait implicitement intervenir les carrés ou les autres puissances des $\delta(q-R)$ des grandeurs fines, qui n'ont pas de sens précis. On se bornait donc à l'étude des valeurs moyennes des grandeurs mécaniques attachées à une propriété physique locale donnée ([5]).

([5]) Les fluctuations en densité étudiées, par exemple, à l'équilibre par Einstein (*Ann. Phys.*, 33, 1910, p. 1275) et dans un état quelconque par J. Yvon (*Fluctuations en densité*, Paris, Hermann, 1937), ne sont pas celles de la densité de masse en *un point* donné, dont

Mais cette difficulté disparaît avec des grandeurs grossières construites avec les mesures (3) : les puissances de $\theta(q - R \mid \rho)$ sont proportionnelles à $\theta(q - R \mid \rho)$, celles de $\theta(q - R/\sigma)$ sont encore gaussiennes. On trouve ainsi, pour les *dispersions* des densités de masse, d'impulsion et d'énergie :

$$(5)\quad \left\{ \begin{aligned} \overline{\Delta\rho^2}(R) &= M_{\theta^2}\Big(\sum m_k^2\,\delta(q_k - R - S) \mid f_N\Big) \\ &\quad + M_\theta M'_\theta\Big(\sum\sum m_k m_l\,\delta(q_k - R - S)\,\delta(q_l - R - S') \mid f_N\Big), \\ \overline{\Delta j_x^2}(R) &= M_{\theta^2}\Big(\sum p_{kx}^2\,\delta(q_k - R - S) \mid f_N\Big) \\ &\quad + M_\theta M'_\theta\Big(\sum\sum p_{kx}p_{lx}\,\delta(q_k - R - S)\,\delta(q_l - R - S') \mid f_N\Big), \\ \overline{\Delta H^2}(R) &= M_{\theta^2}\Big(\sum \Big[\frac{p_k^2}{2m_k} + \Phi_k + \frac{1}{2}\sum \varphi_{kl}\Big]^2 \delta(q_k - R - S) \mid f_N\Big) \\ &\quad + M_\theta M'_\theta\Big(\Big\{\sum\Big[\frac{p_k^2}{2m} + \Phi_k + \sum \frac{1}{2}\varphi_{kl}\Big]\delta(q_k - R - S)\Big\} \\ &\qquad\quad \Big\{\sum\Big[\frac{p_i^2}{2m_i} + \Phi_i + \sum\frac{1}{2}\varphi_{ij}\Big]\delta(q_i - R - S')\Big\} \mid f_N\Big), \end{aligned} \right.$$

Dans (5), $\varphi_{kl}(q_k, q_l)$ est l'énergie de l'interaction du couple de corpuscules (k, l) et $\Phi_k(q_k, t)$ l'énergie du corpuscule (k) dans le champ des forces extérieures. D'après (1) et (4), les formules (5) sont bien définies quand la mesure θ^2, et par suite la moyenne pondérée M_{θ^2}, ont un sens.

On formerait de même les dispersions des autres grandeurs hydrodynamiques comme la densité de moment cinétique, les courants d'impulsion, d'énergie, ... ([2]). Pour ces courants, dont les grandeurs mécaniques sont fonctions linéaires des dérivées successives de θ, il convient de choisir pour θ une fonction indéfiniment dérivable, comme la seconde expression (3).

La même méthode s'applique aux *autres moments de la loi de probabilité des diverses grandeurs locales*. Par exemple,

$$(6)\quad \begin{aligned} \overline{\rho J}(R) &= M_{\theta^2}\Big(\sum m_k p_k\,\delta(q_k - R - S) \mid f_N\Big) \\ &\quad + M_\theta M'_\theta\Big(\sum\sum m_k p_l\,\delta(q_k - R - S)\,\delta(q_l - R - S') \mid f_N\Big) \end{aligned}$$

définit avec (5) le *coefficient de corrélation* de la densité et du courant de masse en un point donné.

Les moyennes pondérées M_θ, M_{θ^2}, ... introduisent, dans les dispersions et dans les autres moments, des *facteurs arbitraires* [en $1/\rho$, $1/\sigma$, ... avec (3)] qui reflètent l'indétermination de la notion d'observation non ponctuelle. Les formules ainsi obtenues correspondent pourtant à des lois observables, car :

---

la valeur moyenne vérifie l'équation de continuité hydrodynamique, mais celles d'une tout autre grandeur physique, la masse contenue dans *un volume partiel fini* donné, dont la valeur moyenne vérifie une autre équation.

a. Ces facteurs arbitraires peuvent s'éliminer des coefficients de corrélation et des covariances relatives, pour des observations assez ponctuelles.

b. Il peut exister des relations entre les dispersions d'une même grandeur locale en des points différents ou dans des conditions physiques différentes. Il peut aussi en exister entre les dispersions de grandeurs locales différentes, quand le fluide est en équilibre thermodynamique ou dans un état de régime permanent, comme nous le verrons dans une prochaine publication. Comme les facteurs arbitraires s'éliminent, ces relations ont une grande importance physique.

HYDRAULIQUE. — *Étude de l'écoulement sur un seuil circulaire muni d'une fente aspiratrice*. Note de M. **Fabien Sananes**, transmise par M. Léopold Escande.

Calcul du débit évacué sur un seuil circulaire muni d'une fente aspiratrice.

Les recherches de M. L. Escande ([1]) sur les seuils munis de fente aspiratrice ont mis en évidence une forme d'écoulement F_1 nettement différente de celle que l'on obtiendrait normalement sur un tel seuil en l'absence d'aspiration (*fig.* 1).

Les expériences de M. Escande et les nôtres montrent que, avec une aspiration suffisante, l'écoulement conserve la forme F_1; le débit Qt évacué au-dessus du seuil est alors indépendant du débit d'aspiration et n'est fonction que de la charge H : somme de la charge géométrique et de la hauteur représentative de la vitesse d'approche.

Nous avons limité notre étude au cas d'un déversoir constitué par deux parements verticaux couronnés par un demi-cylindre de diamètre 2R. Nous basons notre étude théorique sur les équations des écoulements curvilignes à potentiel, relatives au déversement sur un seuil circulaire.

$$(1)\quad \begin{cases} \dfrac{1}{\varpi}\dfrac{\partial p}{\partial s} = -\sin\varphi - \dfrac{V}{g}\dfrac{\partial V}{\partial s}, \\ \dfrac{1}{\varpi}\dfrac{\partial p}{dn} = -\cos\varphi + \dfrac{V^2}{\rho}\dfrac{1}{g}, \\ Hz = Z + \dfrac{V^2}{2g} + \dfrac{p}{\varpi}. \end{cases}$$

Les notations sont précisées sur la figure 2.

Selon la méthode de Jaeger, nous faisons les deux hypothèses suivantes :

— la section critique de l'écoulement se trouve au voisinage du sommet;

([1]) *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 1182.

Figure : 1

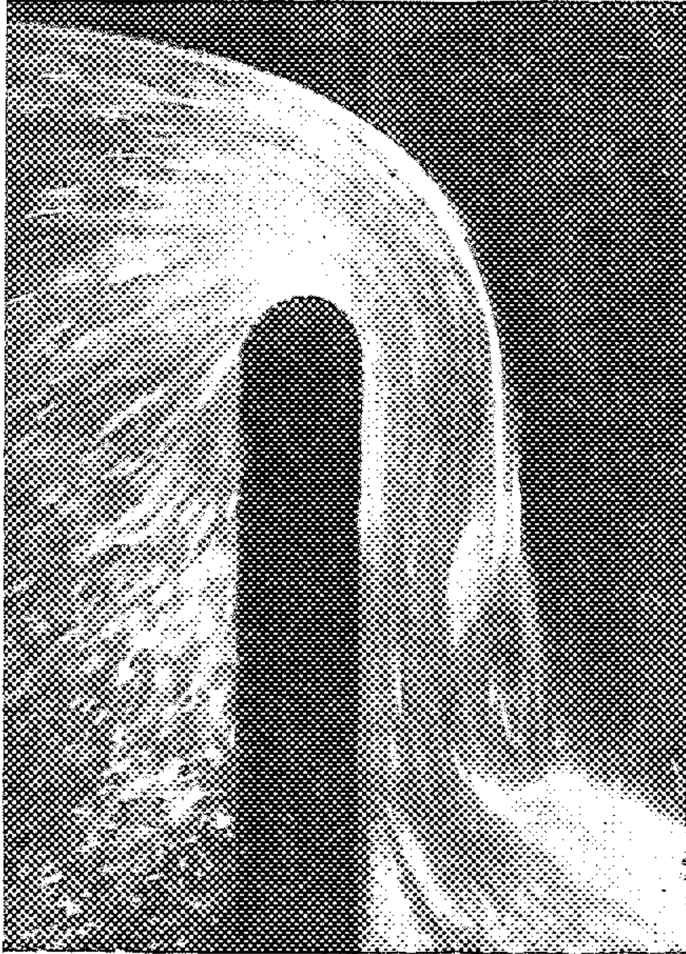
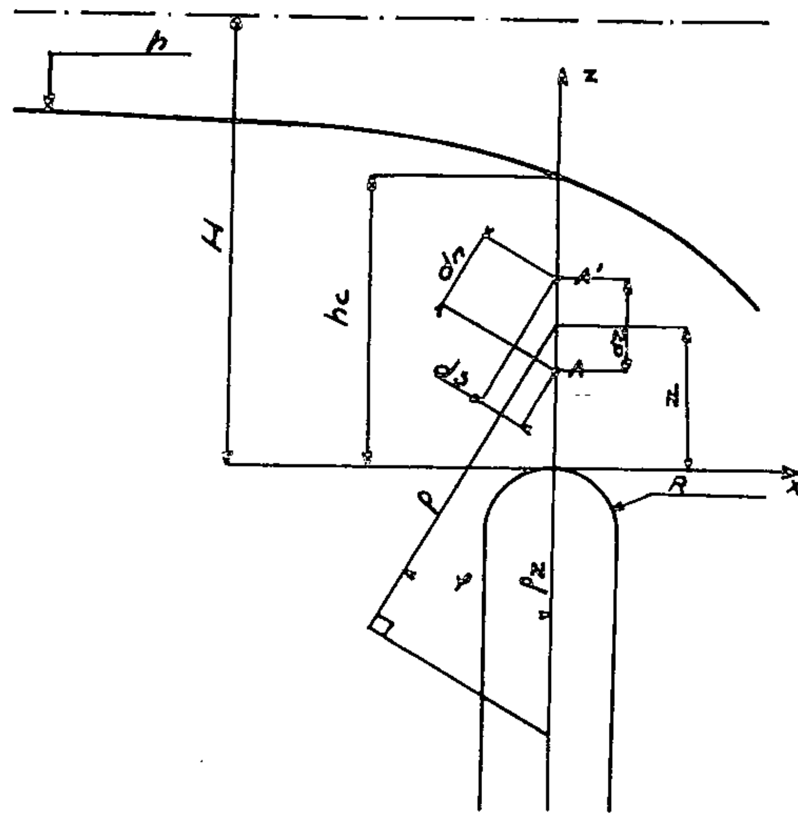


Figure : 2



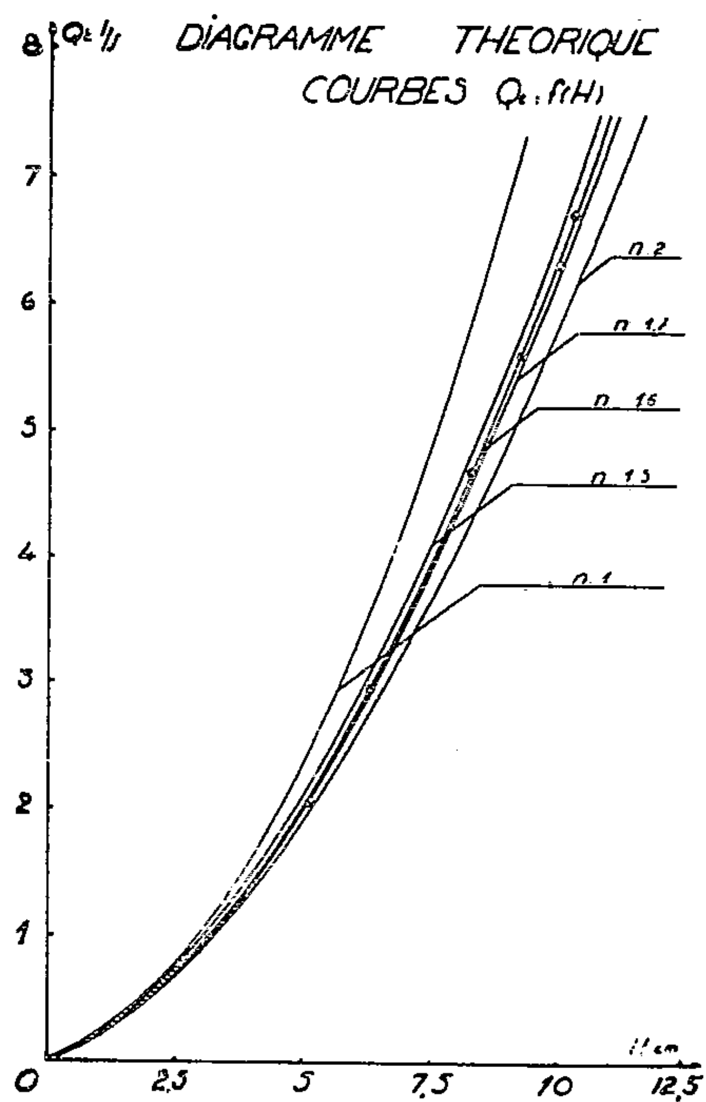


Figure 3

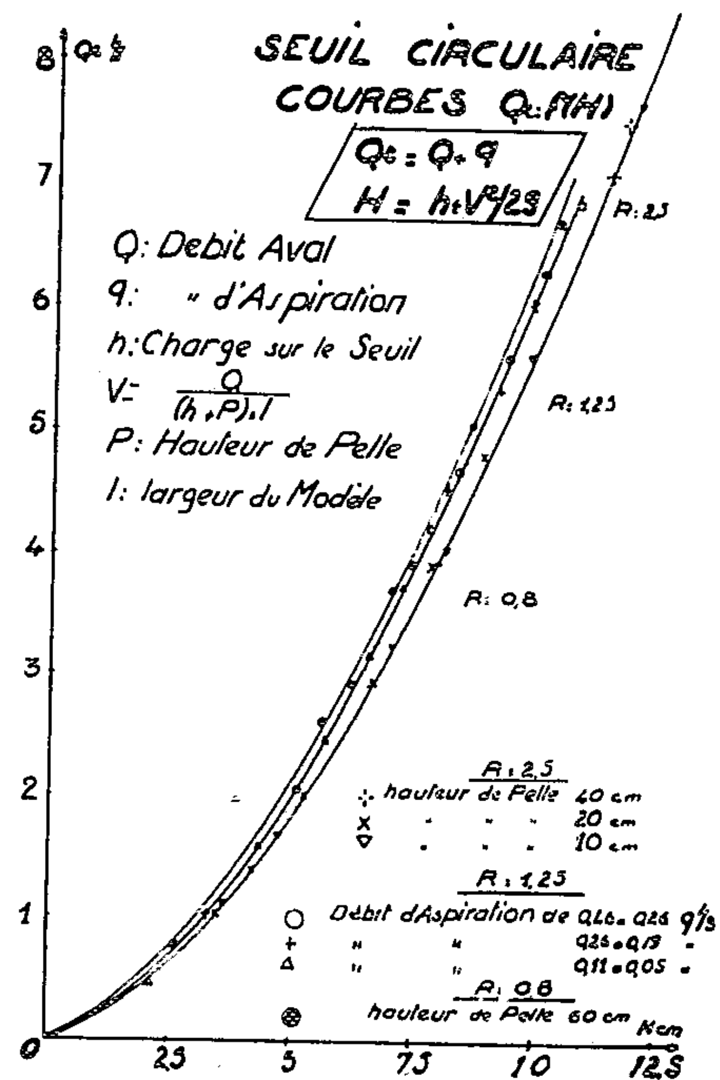


Figure : 4

— le rayon de courbure des filets liquides est donné par la relation

$$\rho_z = R + nz, \tag{2}$$

où n est une constante caractéristique de l'écoulement que nous allons déterminer.

On aboutit pour le débit Q_t et pour la pression P_i aux expressions

$$\left\{\begin{aligned} Q_t &= L\sqrt{2g(H-hc)}\,(R+nhc)^{\frac{1}{n}}\frac{1}{n-1}\left[(R+nhc)^{1-\frac{1}{n}} - R^{1-\frac{1}{n}}\right], \\ \frac{P_i}{\varpi} &= H - \left(\frac{R+nhc}{R}\right)^{\frac{2}{n}}(H-hc), \end{aligned}\right. \tag{3}$$

L désignant la largeur du seuil.

Posons

$$\lambda = \frac{R}{H} \quad \text{et} \quad K = \frac{hc}{H}.$$

Par hypothèse, on a $dQ/dh = 0$ sur le seuil.

Si l'on fait varier λ entre les limites pratiques extrêmes 0,1 et 10 en adoptant pour n les valeurs successives 1 puis 2, cette condition fournit deux courbes (λ; k) très voisines et sensiblement horizontales. En première approximation, nous admettrons que dans ces limites de variation de λ et pour n compris entre 1 et 2, K conserve une valeur sensiblement égale à 0,7. Des relevés expérimentaux confirment cette valeur, l'erreur commise restant inférieure à 1 %.

En retenant cette hypothèse et en l'appliquant au cas d'un seuil étudié (R = 1,25 cm, L = 7 cm) la relation (3) nous donne pour n = 1-1,5-1,6-1,7 et 2 les courbes ($H_i Q_t$) de la figure 3.

Nous avons effectué une série de mesures et reporté les points expérimentaux ainsi obtenus sur la figure 3; on voit qu'ils se groupent sur la courbe correspondant à $n = 1,6$.

En opérant de même avec deux autres modèles (R = 2,5 cm et R = 0,8 cm), nous avons obtenu la même valeur de $n = 1,6$ (*fig.* 4).

L'influence de la vitesse d'approche étant prise en compte, en faisant varier la hauteur de pelle du seuil, la valeur caractéristique n ne varie pas.

Dans le cas où l'écoulement épouse bien la forme du seuil, celui-ci étant parfaitement défini par son rayon de courbure R, nous pouvons alors calculer le coefficient de débit de ce seuil par la relation

$$m = 0,913[(\lambda + 1,12)^{0,625}][(\lambda + 1,12)^{0,375} - \lambda^{0,375}].$$

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Essai d'expression du principe de Pauli sous forme d'une « force d'exclusion ». Comparaison numérique avec la force électrique classique.* Note (*) de MM. **Claude Vroelant**, **Alexandre Laforgue** et **Jean-Léon Masse**, présentée par M. Louis de Broglie.

On essaie de concrétiser le principe de Pauli en imaginant une force qui empêche deux électrons de même spin de se rencontrer. En se limitant aux problèmes stationnaires on essaie deux voies : 1° Réaction sur une enceinte; 2° Force exercée entre les positions statistiques. On définit pour chacune un rayon d'exclusion dans lequel l'empêchement de spin l'emporte sur la répulsion coulombienne.

On ne se représente bien l'effet d'exclusion entre deux électrons de même spin (1) que si l'on envisage une cause de répulsion croissant rapidement lorsque ces deux électrons se rapprochent. Cette cause serait une force quantique très analogue à une force coulombienne, mais sa grandeur F reste à définir.

Force externe de spin. — Maintenons deux électrons à une distance inférieure à l_{ext} en les enfermant dans une enceinte sphérique. L'exclusion due au spin se manifeste par une différence d'énergie $E_1 - E_0$ entre le niveau fondamental et le premier niveau triplet. Cette énergie croît lorsque la sphère se contracte. Il existe donc une pression due au spin sur toute la surface, ce qui tend à faire éclater la sphère. La force de séparation en deux hémisphères est :

$$F_{ext} = -0,5\frac{d(E_1 - E_0)}{dl_{ext}}. \qquad (1)$$

Force interne de spin. — Observons deux électrons dans une même cuvette de potentiel : on exprimera $E_1 - E_0$ en fonction de la distance la plus probable dans l'état E_1. Nous appellerons force interne de spin :

$$F_{pro} = \frac{d(E_1 - E_0)}{dl_{pro}}.$$

On conçoit que cette force équilibre la force dérivant du potentiel en cuvette. Mais l'égalité n'est peut-être pas rigoureuse pour la distance la plus probable; elle le sera pour une autre distance statistique définie de ce fait l_{equ}.

Définition du rayon d'exclusion. — Dans les exemples traités :

$$E_1 - E_0 = \mu h^2 m^{-1} l^{-2}$$

h est la constante d'action, m la masse des deux électrons, l la longueur choisie

(*) Séance du 17 octobre 1955.

(1) Comme il est usuel en théorie chimique et même magnétique, on n'envisage ici que les énergies électriques dues à l'existence du spin. Les énergies calculées en assimilant les électrons à de petits aimants ne seraient importantes qu'à des distances plus faibles que celles de la chimie (de l'ordre du rayon de l'électron dans la théorie classique).

pour donner une idée de leur distance, μ un nombre; cette forme se retrouve par homogénéité. On trouve donc les lois :

$$F_{ext} = L_{ext} e^2 l_{ext}^{-3}, \qquad F_{pro} = L_{pro} e^2 l_{pro}^{-3}.$$

Nous appelons L_{ext}, L_{pro}, rayons d'exclusion. Lorsque $l_{ext} \leqq L_{ext}$, la répulsion due au spin est la borne inférieure de la répulsion instantanée des électrons. Lorsque $l_{pro} = L_{pro}$, la répulsion due au spin F_{pro} est la répulsion des électrons dans leur configuration la plus probable.

En calculant l'énergie de répulsion électrostatique entre les deux électrons pour le niveau E_0 (ou E_1) on peut trouver une force de répulsion électrostatique moyenne $R_0 = K_0 e^2 l^{-2}$. Formée comme F elle lui est directement comparable et définit 4 nouveaux rayons d'exclusion $L_{ext}^0 = R_0^{-1} L_{ext}$, ...

Quelle que soit la plus significative de ces grandeurs, la force de spin est négligeable devant la force électrostatique aux grandes distances, mais c'est au contraire la force électrostatique qu'on peut négliger aux petites.

Résultats et conclusions. — 1. Pour la sphère $L_{ext} = 60$ rayons de Bohr $L_{ext}^0 = 19$ rayons de Bohr. *Pour les actions intramoléculaires, le spin est l'effet directeur* ([2]). *Aux distances intermoléculaires l'exclusion n'est pas systématiquement négligeable.*

2. Nous avons comparé deux cuvettes de potentiel (provisoirement pour un problème à une dimension).

Cuvette carrée $L_{pro} = 7$ rayons de Bohr.

Cuvette parabolique $L_{équ} = L_{pro} = 8$ rayons de Bohr.

On peut espérer que l'ordre de grandeur se conserve d'un problème à l'autre et *l'on comprend le succès des méthodes qui reviennent à décrire les forces de spin en termes de forces électrostatiques plus intenses.*

3. Nous avons comparé les deux définitions (problème à une dimension) :

$$l_{pro} = 0{,}6\, l_{ext}, \qquad L_{ext} = 2{,}2\, L_{pro} = 15 \text{ rayons de Bohr.}$$

Les rayons d'exclusion externes apparaissent évidemment plus grands mais en revenant au problème à trois dimensions, *l'événement interdit, à savoir la rencontre de deux électrons de même spin, est entouré d'une force répulsive en raison inverse du cube de la distance* ([1]).

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Comparaison entre l'effet du volume exclu sur le carré moyen du moment dipolaire et sur l'écart quadratique moyen des chaînes macromoléculaires en solution.* Note de MM. **Jean Marchal**, **Constant Wippler** et **Henri Benoit**, transmise par M. Gabriel Foëx.

L'écart quadratique moyen entre les extrémités d'une chaîne macromoléculaire $\overline{R}^2$ et le carré moyen de son moment électrique $\overline{\mu}^2$ sont liés à la statis-

([2]) On corrobore ainsi Cl. Vroelant, *Comptes rendus*, 236, 1953, p. 1887.

tique de ses configurations. Nous allons montrer que, contrairement à ce qu'on aurait pu attendre, l'effet du volume exclu ne se manifeste pas de la même façon sur ces deux quantités.

Si les moments dipolaires élémentaires, portés par le squelette de la chaîne étaient tous dirigés dans le même sens, il n'y aurait, évidemment, quel que soit le solvant, aucune différence entre les lois de variation avec la masse moléculaire de $\overline{\mu}^2$ et de $\overline{R}^2$. Au contraire, on constate que toutes les chaînes étudiées jusqu'à présent sont telles que les moments portés par les motifs structuraux peuvent être décomposés en deux composantes, égales mais de sens contraire, portées par les liaisons formant le squelette de la chaîne. Citons par exemple le cas des dérivés polyvinyliques. C'est cette disposition qui entraîne la différence entre le comportement de $\overline{\mu}^2$ et de $\overline{R}^2$.

Considérons le cas le plus simple (le calcul se généralise facilement) : celui d'une chaîne de Gauss formée de N chaînons tous identiques, de longueur a et portant des moments élémentaires $\vec{b}$ orientés alternativement dans un sens puis dans l'autre.

Le carré moyen de la longueur de cette chaîne est donné par la formule

$$\overline{R}^2 = a^2\left(N + 2\sum_{i<j}\sum \overline{\alpha}_{ij}\right), \tag{1}$$

en appelant $\overline{\alpha}_{ij}$ la valeur moyenne du cosinus de l'angle entre les chaînons i et j.

Si la chaîne est une chaîne de Gauss, $\overline{\alpha}_{ij} = 0$ quel que soit i ou j. Si, au contraire, l'encombrement du squelette et des groupes latéraux introduit un « effet de volume » des considérations aussi bien théoriques ([1]) qu'expérimentales ([2]) montrent que la proportionnalité à N n'est plus respectée et que $\overline{R}^2$ doit se mettre sous la forme

$$\overline{R}^2 = KN^{1+\varepsilon}, \tag{2}$$

où K est une constante et ε une quantité comprise suivant les cas entre 0 et 0,5.

Appelons $\overline{\overline{\alpha}}_{pN}$ la valeur moyenne de $\overline{\alpha}_{ij}$ lorsque, maintenant la différence $|j-i| = p$ constante, on choisit sur la chaîne toutes les positions possibles du chaînon i. Avec ces notations, la formule (1) devient

$$\overline{R}^2 = Na^2\left[1 + 2\sum_{p=1}^{N}\left(1 - \frac{p}{N}\right)\overline{\overline{\alpha}}_{pN}\right]. \tag{3}$$

([1]) P. J. Flory, *Principles of Polymer Chemistry* (Cornell University Press, Ithaca, New York, 1953).

([2]) A. R. Shultz, *J. Amer. Chem. Soc.*, 76, 1954, p. 3422.

Il est évident que la condition introduite, à savoir $\overline{R^2}$ proportionnel à $N^{1+\varepsilon}$ n'est vérifiée que si $\overline{\overline{\alpha_{pN}}}$ tend vers zéro quand N et p tendent vers l'infini.

Nous faisons alors l'hypothèse que nous ne justifierons pas mais qui paraît raisonnable à savoir que, à partir de deux valeurs N_0 et p_0 finies, $\overline{\overline{\alpha_{pN}}}$ est positif et que, de plus

$$(4)\qquad \left(1-\frac{p}{N}\right)\overline{\overline{\alpha_{pN}}} > \left(1-\frac{p+1}{N}\right)\overline{\overline{\alpha_{p+1N}}}.$$

Si maintenant nous évaluons le carré moyen du moment électrique nous obtenons

$$(5)\qquad \overline{\mu^2} = Nb^2\left[1+2\sum_{p=1}^{N}(-1)^p\,\overline{\overline{\alpha_{pN}}}\right].$$

La série figurant au deuxième membre est convergente. Si S est sa limite, on peut en première approximation écrire

$$(6)\qquad \overline{\mu^2} = Nb^2(1+2S)$$

et malgré l'existence de l'effet de volume $\overline{\mu^2}$ reste proportionnel à N.

Le procédé se généralise facilement aux chaînes réelles, chaînes aliphatiques avec empêchements stériques par exemple, car toute interaction limitée à un nombre fini de chaînons conduit à un terme additif proportionnel à N ([3]).

Discussion. — 1° Même si les hypothèses formulées plus haut ne sont pas rigoureusement exactes, il est évident que l'effet du « volume exclu » est beaucoup plus faible sur $\overline{\mu^2}$ que sur $\overline{R^2}$. Ceci permet d'interpréter les résultats expérimentaux inexpliqués ([4]), ([5]) jusqu'alors.

2° On voit enfin que, le carré moyen du moment dipolaire de ces chaînes n'étant sensible qu'aux interactions à courtes distances, la mesure des moments électriques est une méthode de choix pour leur détermination. Cette étude permettra donc de vérifier si les hypothèses de Flory ([1]), Zimm, Stockmayer et Fixman ([6]) qui en première approximation négligent ces termes, sont conformes à la réalité.

([3]) C. M. Tchen, *J. Chem. Phys.*, 20, 1952, p. 214.

([4]) J. Marchal, Résultats non publiés.

([5]) L. de Brouckère, D. Buess, J. Versluys et J. de Bock, XXVII[e] *Congrès International de Chimie Industrielle*, Bruxelles, septembre 1954.

([6]) B. H. Zimm, W. H Stockmayer et M. Fixman, *J. Chem. Phys.*, 21, 1953, p. 1716.

THERMODYNAMIQUE. — *Étude d'une transition présentée par les cristaux d'oxyformiate de beryllium.* Note (*) de MM. **Jean Jaffray** et **Roger Bertrand**, présentée par M. Gustave Ribaud.

Mise en évidence d'une transition des cristaux d'oxyformiate de beryllium vers $+6°$ C; il s'agit d'une transition du deuxième ordre se manifestant par des anomalies de chaleur spécifique et de dilatation thermique sans changement notable de la structure.

On sait que les cristaux d'oxyacétate de beryllium présentent au moins trois transitions du deuxième ordre au-dessus de la température ordinaire et une transformation polymorphique à 150° C ([1]). On a cru intéressant de comparer à ce sel l'oxyformiate de beryllium $(HCOO)_6OBe_4$ qui a été l'objet de recherches récentes de la part de MM. J. Bessen et H. D. Hardt ([2]).

On constate d'abord une différence notable : à la température ordinaire, l'oxyacétate a une structure cubique tandis que l'oxyformiate est orthorombique. De plus, l'oxyformiate est beaucoup moins riche en transitions que l'oxyacétate. L'analyse thermique différentielle n'a montré qu'une anomalie notable à $+6 \pm 2°$ C entre -180 et $+50°$ C; au-dessus de cette dernière température, l'existence d'une tension de vapeur importante des cristaux rend la méthode peu efficace.

La dilatométrie d'un bâtonnet formé de monocristaux agglomérés par compression a été réalisée à l'aide du dilatomètre Chevenard et aussi dans un dilatomètre à tige où le sel était immergé dans le tétrachlorure de carbone. Ces deux méthodes ont montré que le volume est une fonction continue de la température ce qui exclut qu'il s'agisse d'une transformation avec chaleur latente. C'est, au contraire, une transition du deuxième ordre avec, aux environs de $+6°$ C, une anomalie de dilatation où l'on voit le coefficient de dilatation cubique atteindre graduellement un maximum voisin de 14.10^{-4} pour tomber à 10.10^{-4} à une température légèrement supérieure.

La mesure de la chaleur spécifique a été réalisée entre -130 et $+30°$ C par la méthode du calorimètre à conduction thermique. Cette grandeur croît d'abord régulièrement, mais une anomalie se produit au-dessus de zéro degré avec un maximum aigu à une température comprise entre $+2$ et $+5°$ C suivi d'un minimum vers 12° C. Un extrait des résultats numériques est donné ci-après : les valeurs indiquées sont celles de la chaleur molaire moyenne dans un intervalle de température d'environ 3° en cal. mole/g. degré.

(*) Séance du 31 octobre 1955.

(1) J. Jaffray, *Deuxième réunion de Chimie physique sur les changements de phase*, Paris, 1952, p. 267.

(2) *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 355.

θ°K.	$M\bar{c}_p$.	θ°K.	$M\bar{c}_p$.
146	57,1	245	83,7
155	58,5	253	86,5
165	60,9	260	88,9
174,4	63,6	267,5	91,9
191	69,8	271	95,4
199	72,3	275	102,4
207,5	75,1	278	97,1
215	77,0	285,5	95,3
223	78,7	289	97,4
230,5	80,1	296	102,6
238	82,0		

Enfin, une étude sommaire de la structure du sel par diffraction de rayons X a été faite de part et d'autre de 6°C par la méthode des poudres; il ne semble pas que la transition étudiée ici entraîne une modification notable de la symétrie et des paramètres du réseau dont on a vérifié la structure orthorhombique.

Bien qu'il ne soit pas encore absolument sûr que l'oxyformiate de beryllium ne présente pas de transition au-dessus de 50°C, on peut déjà noter des comportements différents de ce sel et de l'oxyacétate.

MAGNÉTISME. — *Étude des solutions des équations de résonance ferrimagnétique.* Note de M. **Bernard Dreyfus**, transmise par M. Louis Néel.

On étudie plus en détail les quatre solutions de l'équation de résonance trouvée antérieurement. On trouve qu'il y a seulement deux résonances observables dont l'une a en général une intensité très faible.

Nous avons montré dans une Note antérieure (1) que la présence de deux sous-réseaux magnétiques conduisait à prévoir l'existence possible de quatre champs de résonance. Or, les mesures effectuées ne présentent en général qu'une seule résonance attribuable à la rotation de l'aimantation, rarement deux (2). Il est possible, sans introduire de termes d'amortissement dont la forme n'est pas connue, de préciser le comportement du système en le soumettant à l'action d'un champ :

$$h_x + i h_y = h\, e^{i\omega_0 t} \quad \text{pour} \quad t \geq 0; \qquad h_x + i h_y = 0 \quad \text{pour} \quad t < 0. \tag{6}$$

Avec les notations de (1), H étant solution de (5), ω_1 étant la deuxième fréquence de résonance correspondant à ce champ, on a

$$\begin{cases} J_{1x} + iJ_{1y} = ih\gamma_1 J_1(\omega_0 - \omega_1)^{-1}[\gamma_2(H + m(J_1 + J_2)) + \omega_0]\,t\,e^{i\omega_0 t}, \\ J_{2x} + iJ_{2y} = ih\gamma_2 J_2(\omega_0 - \omega_1)^{-1}[\gamma_1(H + m(J_1 + J_2)) + \omega_0]\,t\,e^{i\omega_0 t}, \end{cases} \tag{7}$$

(1) B. Dreyfus, *Comptes rendus*, 241, 1955, p. 552.

(2) T. R. Mc Guire, *Phys. Rev.*, 97, 1955, p. 831.

en négligeant les termes qui restent finis lorsque t croît et qui s'amortissent rapidement. Le travail effectué par le champ tournant est proportionnel à

$$(8) \quad -\omega_0 h^2(\omega_0-\omega_1)^{-1}\mathrm{A}, \qquad \text{où} \quad \mathrm{A}=\gamma_1\gamma_2(\mathrm{J}_1+\mathrm{J}_2)[\mathrm{H}+m(\mathrm{J}_1+\mathrm{J}_2)]+\omega_0(\gamma_1\mathrm{J}_1+\gamma_2\mathrm{J}_2).$$

L'examen de ces solutions montre que la projection sur $x\mathrm{O}y$ de l'aimantation totale $\mathrm{J}=\mathrm{J}_1+\mathrm{J}_2$ tourne avec le champ, avec une *avance ou un retard* de 90° sur celui-ci. Les solutions pour lesquelles J est en avance sur h présentent quelques difficultés d'interprétation : l'absorption correspondante est négative. Il conviendrait d'étudier d'une manière plus approfondie dans quelle mesure le système (1) peut représenter un système de spins, alors qu'il correspond à un modèle gyroscopique d'énergie cinétique infinie. Quoi qu'il en soit, ces solutions ne peuvent donner lieu à un maximum pour l'absorption $\chi''(\mathrm{H})$ et par conséquent sont à éliminer dans la recherche des champs de résonance réellement observés.

Nous donnons (*fig.* 1), une courbe typique représentant les champs de résonance en fonction des fréquences ω à une température donnée : c'est une hyperbole passant par l'origine, et dont les asymptotes ont pour pente $-\gamma_1 g^{-1}$ et $-\gamma_2 g^{-1}$. Pour un champ H. F. rectiligne les points d'ordonnées ω_0 et $-\omega_0$ donnent les quatre champs de résonance. Nous avons tracé en pointillé les régions où J est en avance sur h. Une construction graphique simple permet d'obtenir une estimation de $\mathrm{A}(\omega_0-\omega_1)^{-1}$ c'est-à-dire de l'intensité de l'absorption

$$(9) \qquad \chi''(\mathrm{H})\sim[\gamma_1^2\gamma_2^2(\mathrm{J}_1+\mathrm{J}_2)^2+g^2(\gamma_1\mathrm{J}_1+\gamma_2\mathrm{J}_2)^2]^{\frac{1}{2}}\frac{\mathrm{H}_1\mathrm{M}_1}{\mathrm{H}_1\mathrm{N}_1};$$

g, rapport gyromagnétique de l'électron libre; $\mathrm{H}_1\mathrm{M}_1$, distance de H_1 à la droite d'équation $\mathrm{A}=0$, tangente à l'hyperbole $\mathrm{P}^+=0$ au point où celle-ci recoupe l'axe des H. On voit immédiatement que l'intensité de la résonance correspondant à H_2 est beaucoup plus faible que l'autre et peut fort bien ne pas être observée dans les cas usuels. Loin du point de compensation, $\chi''(\mathrm{H}_1)$ varie en gros comme $(\mathrm{J}_1+\mathrm{J}_2)$, ce qui est normal et conforme aux résultats observés. La figure 2 montre la situation de l'autre côté du point de compensation T_c. La branche issue de l'origine (« ferromagnétique ») est favorisée par rapport à l'autre (« résonance d'échange »). On peut imaginer deux moyens de vérifier qu'il en est bien ainsi :

a. en repérant le sens des champs tournants absorbés : c'est le même des deux côtés de T_c;

b. en opérant à fréquence différente : le rapport gyromagnétique équivalent doit varier dans le même sens des deux côtés de T_c. Des mesures faites sur $\mathrm{Li}_{0,5}$, $\mathrm{Fe}_{1,25}$, $\mathrm{Cr}_{1,25}$, O_4 (3) permettent de constater qu'il en est ainsi.

Un cas exceptionnel se rencontre au voisinage de T_c et du point où

$$\gamma_2\mathrm{J}_1+\gamma_1\mathrm{J}_2=0.$$

(3) R. K. Wangsness, *Phys. Rev.*, 97, 1955, p. 831.

Alors H_1 et H_2, bien que de faible intensité, présentent dans un domaine étroit de température des absorptions comparables. La résonance d'échange peut s'observer en champ presque nul en même temps que la résonance ferromagnétique, mais son intensité décroît rapidement. Ces faits ont été observés par Mc Guire sur $Li_{0,5}$, $Fe_{1,25}$, $Cr_{1,25}$, O_4 vers 50°C (2) et (3).

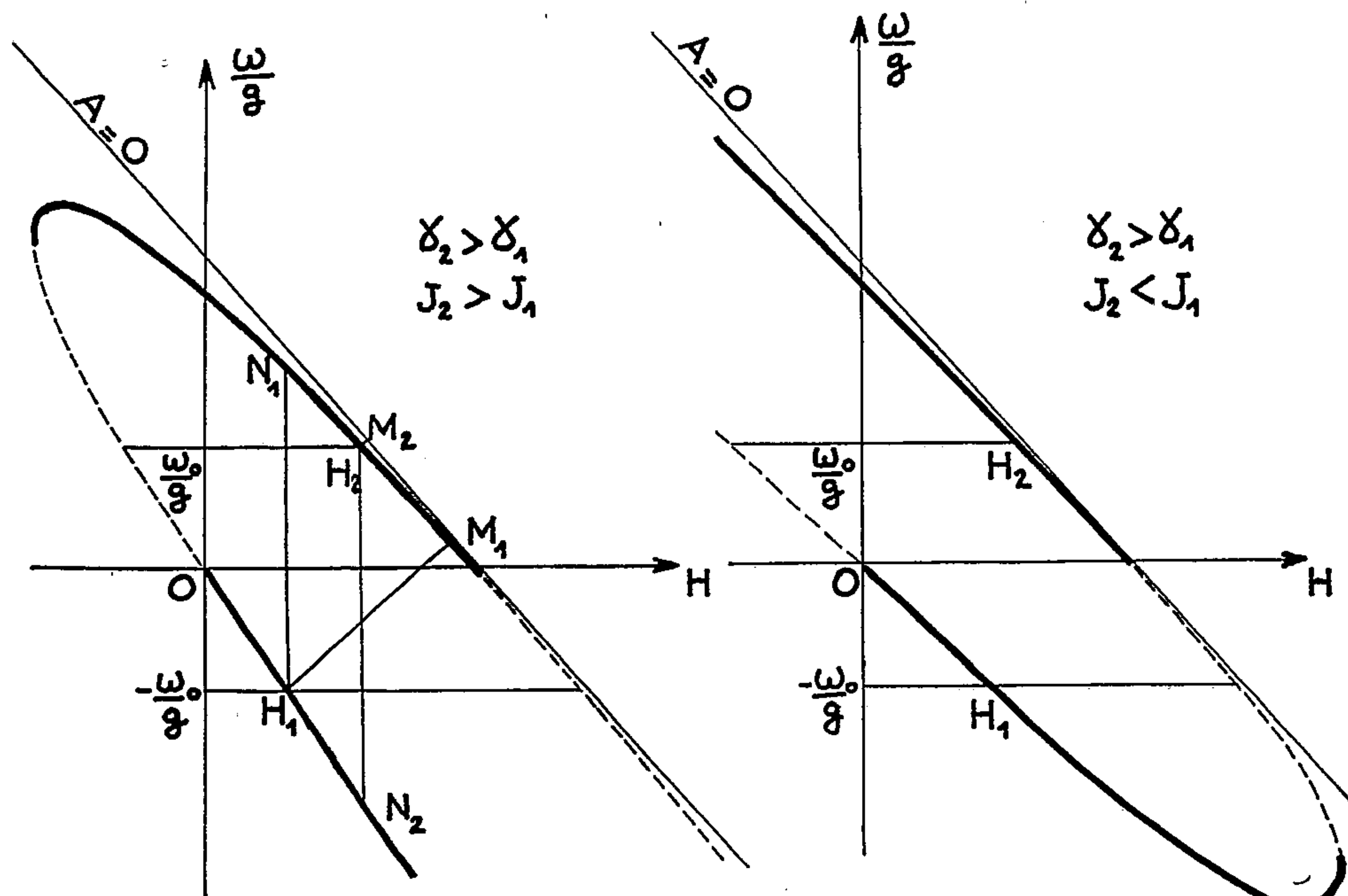


Fig. 1. Fig. 2.

Dans la région où l'équation (5) n'a pas de racines réelles, le procédé utilisé reste applicable. On n'a plus de terme croissant avec t, donc plus de résonance véritable. L'absorption est très faible et a la forme d'une « bosse » très aplatie. C'est bien ce qui a été observé expérimentalement (4), (5).

ÉLECTROMAGNÉTISME — *Réflexion d'une onde électromagnétique plane sur un gaz ionisé et stratifié.* Note (*) de M. **Paul Poincelot**, présentée par M. Louis de Broglie.

A la suite de trois Notes précédentes (1), je considère un gaz ionisé dont

(4) J. S. Van Wieringen, *Colloque Ampère*, Paris, 1955.
(5) J. Pauleve, *Comptes rendus*, 241, 1955, p. 548.

(*) Séance du 31 octobre 1955.
(1) *Comptes rendus*, 241, 1955, p. 186, 290 et 649.

l'indice de réfraction varie, en fonction de l'altitude x, suivant la loi :

$$n = 1 \quad \text{pour } x < 0, \qquad n = \sqrt{1 - \frac{a^2}{\omega^2}(1 - e^{-\alpha x})} \quad \text{pour } x > 0,$$

a et α étant des constantes. Une onde électromagnétique plane, sinusoïdale, de pulsation ω, se propage suivant l'axe Ox en provenant du milieu inférieur. Elle satisfait aux équations, valables en u. é. m. C. G. S. :

$$\frac{d^2E}{dx^2} + \frac{\omega^2}{c^2}\left[1 - \frac{a^2}{\omega^2}(1 - e^{-\alpha x})\right]E = 0, \qquad \mathcal{H} = \frac{i}{\omega}\frac{dE}{dx}.$$

Je trouve la solution générale sous la forme :

$$E = A_1 J_\nu\left(\frac{2a}{\alpha c}e^{-\frac{\alpha}{2}x}\right) + A_2 J_{-\nu}\left(\frac{2a}{\alpha c}e^{-\frac{\alpha}{2}x}\right)$$

avec $\nu = 2a/\alpha c\sqrt{1 - (\omega^2/a^2)}$. Supposons $\omega/a < 1$; ν est réel. En remplaçant les fonctions de Bessel par leurs expressions en série entière, on trouve que, lorsque x tend vers $+\infty$, le premier terme du second membre tend vers zéro, le second vers l'infini. Nous devons donc faire $A_2 = 0$ et écrire

$$E = AJ_\nu\left(\frac{2a}{\alpha c}e^{-\frac{\alpha}{2}x}\right), \qquad \mathcal{H} = -i\frac{a}{\omega c}AJ'_\nu\left(\frac{2a}{\alpha c}e^{-\frac{\alpha}{2}x}\right)e^{-\frac{\alpha}{2}x}.$$

Soit 1 le champ électrique incident, ρ le champ électrique réfléchi; les champs magnétiques correspondants sont $1/c$ et $-\rho/c$. La condition de continuité des champs me permet d'écrire : $1 + \rho = E(0)$, $(1 - \rho)/c = \mathcal{H}(0)$, d'où l'on tire facilement :

$$\rho = \frac{J_\nu\left(\frac{2a}{\alpha c}\right) + i\frac{a}{\omega}J'_\nu\left(\frac{2a}{\alpha c}\right)}{J_\nu\left(\frac{2a}{\alpha c}\right) - i\frac{a}{\omega}J'_\nu\left(\frac{2a}{\alpha c}\right)};$$

on voit que $|\rho| = 1$; la réflexion est totale. Le déphasage de l'onde réfléchie est $\varphi(\omega)$, tel que

$$\operatorname{tg}\frac{\varphi}{2} = \frac{a}{\omega}\frac{J'_\nu\left(\frac{2a}{\alpha c}\right)}{J_\nu\left(\frac{2a}{\alpha c}\right)}.$$

On trouve sensiblement les mêmes résultats si la loi d'indice, au lieu de se maintenir jusqu'à l'infini, prend une forme quelconque à partir du moment où l'onde est notablement affaiblie. L'indice ν des fonctions de Bessel étant inférieur à l'argument $2a/\alpha c$, j'exprime une valeur asymptotique du second membre. Si je pose $2a/\alpha c = z$ et $z = \nu\sec\beta$, $(-\pi/2 < \beta < +\pi/2)$, la

formule asymptotique de Debye s'écrit [2] :

$$J_\nu(\nu \sec\beta) \sim \left(\frac{2}{\nu\pi \operatorname{tg}\beta}\right)^{\frac{1}{2}} \left\{ \cos\left(\nu \operatorname{tg}\beta - \nu\beta - \frac{\pi}{4}\right) \sum_{m=0}^{\infty} (-1)^m \frac{\Gamma\left(2m+\frac{1}{2}\right)}{\Gamma\left(\frac{1}{2}\right)} \frac{A_{2m}}{\left(\frac{\nu}{2}\operatorname{tg}\beta\right)^{2m}} \right.$$

$$\left. + \sin\left(\nu \operatorname{tg}\beta - \nu\beta - \frac{\pi}{4}\right) \sum_{m=0}^{\infty} (-1)^m \frac{\Gamma\left(2m+\frac{3}{2}\right)}{\Gamma\left(\frac{1}{2}\right)} \frac{A_{2m+1}}{\left(\frac{\nu}{2}\operatorname{tg}\beta\right)^{2m+1}} \right\},$$

avec $A_0 = 1$, $A_1 = (1/8) + (5/24)\cot^2\beta$, etc. Je trouve ainsi :

$$\operatorname{tg}\frac{\varphi}{2} \sim -\frac{1}{4}\frac{a^2 \alpha c}{\omega^3} - \operatorname{tg}\gamma$$

avec : $\gamma = \sqrt{z^2 - \nu^2} - \nu \arcsin\sqrt{1 - (\nu^2/z^2)} - \pi/2$.

Ainsi que je le montrerai plus loin, le premier terme du second membre de $\operatorname{tg}\varphi/2$ est en fait très petit par rapport à l'unité, tandis que le second membre varie de $-\infty$ à $+\infty$ en fonction de ω. Je pose alors :

$$\operatorname{tg}\frac{\varphi}{2} \sim -\operatorname{tg}\gamma, \qquad \frac{\varphi}{2} \sim \gamma + (2K+1)\pi,$$

soit, à une constante près :

$$\varphi(\omega) = \frac{4\omega}{\alpha c} - \frac{4a}{\alpha c}\sqrt{1 - \frac{\omega^2}{a^2}} \arcsin\frac{\omega}{a}.$$

J'en déduis, pour le temps de propagation de groupe, la valeur :

$$t_g = \frac{d\varphi}{d\omega} = \frac{4\omega}{a\alpha c} \frac{\arcsin\frac{\omega}{a}}{\sqrt{1 - \frac{\omega^2}{a^2}}}.$$

Or, l'indice de réfraction s'annule à l'altitude h_0 telle que :

$$\alpha = \frac{1}{h_0} \operatorname{Log} \frac{1}{1 - \frac{\omega^2}{a^2}}$$

d'où je tire :

$$t_g = \frac{4\omega h_0}{ac} \frac{\arcsin\frac{\omega}{a}}{\sqrt{1 - \frac{\omega^2}{a^2}} \operatorname{Log}\frac{1}{1 - \frac{\omega^2}{a^2}}}$$

pour la pulsation fondamentale ω de l'onde en régime impulsif; si $\omega^2/a^2 \ll 1$, il vient : $t_g = 4h_0/c$ et un parcours qui, dans le vide, aurait pour valeur : $ct_g = 4h_0$, correspondant à une hauteur apparente de réflexion $2h_0$.

[2] G. N. Watson, *A treatise on the theory of Bessel functions*, 1944, p. 244.

Si l'on admet la validité de la loi initiale en ce qui concerne l'ionosphère, abstraction faite des chocs et du champ magnétique terrestre, il y a lieu de tenir compte de la relation précédente dans l'interprétation des sondages à la verticale.

D'ailleurs, pour $\omega^2/a^2 \leqslant 1$, il vient : $h_0 = (1/a^2\alpha).\omega^2$. La courbe est parabolique. Pour justifier les approximations précédentes, je choisis les valeurs : $a = 2\pi \times 3 \times 10^7 (\lambda_0 = 10\,\text{m}), \omega = 2\pi.4.10^6 (\lambda = 75\,\text{m}), h_0 = 50\,\text{km} = 5.10^6\,\text{c.g.s.}$ Je trouve ainsi $2a/\alpha c = (2a/c)\,h_0(a^2/\omega^2) \approx 3.10^6$ et $a^2\alpha c/4\omega^3 \approx 6.10^{-5} \leqslant 1$.

La valeur de t_g est la même que celle de ma dernière Note (1), obtenue à partir d'une autre hypothèse. Il est à remarquer que la courbe $y = (a^2/\omega^2)(1 - e^{-\alpha x})$ est, à l'origine, osculatrice à la parabole que l'on considère souvent dans l'étude de l'ionosphère; les deux courbes $n = \sqrt{1 - (a^2/\omega^2)(1 - e^{-\alpha x})}$ et $n = \sqrt{1 - (a_1 x - b_1 x^2)/\omega^2}$ ont d'ailleurs une grande analogie.

J'ai justifié l'application de la notion de vitesse de groupe en représentant la propagation d'un train d'ondes sinusoïdal à début brusque par une intégrale de Fourier que j'ai pu évaluer à l'aide de fonctions majorantes. On trouve que pour $t < t_g - 16\,\mu\text{s}$, l'amplitude de l'écho est inférieur à 0,12, tandis que, pour $t > t_g + 16\,\mu\text{s}$, elle est supérieure à 0,88 de celle du régime permanent.

SUPRACONDUCTIBILITÉ. — *Quelques conséquences de l'influence des déformations élastiques sur la supraconductibilité : magnétostriction.* Note de M. **Claude Grenier**, présentée par M. Jean Cabannes.

Dans le cas de l'étain le passage de l'état normal à l'état supraconducteur doit provoquer une magnétostriction principalement dans la direction de l'axe quaternaire, cette magnétostriction est proportionnelle à ω la fraction des électrons à l'état supraconducteur. Le cas du mercure est plus complexe.

L'application d'un effort élastique sur un corps supraconducteur change l'état de supraconductibilité, avec modification apparente des deux termes β et γ (β est l'énergie d'activation de l'état supraconducteur à l'état normal, γT est la chaleur spécifique électronique normale). Dans le cas de l'étain la variation de γ est très faible (1), dans le cas du mercure elle est comparable à la variation de β (2).

Si l'on assimile le champ critique de supraconductibilité H_c à un scalaire on peut développer, en se limitant au premier ordre, la variation ΔH_c à température constante, soit en fonction des déformations élémentaires :

$$\Delta H_c = \sum_i \frac{\partial H_c}{\partial e_i} e_i \qquad \text{(M. D. Fiske)} \quad (3),$$

(1) C. Grenier, *Comptes rendus*, 240, 1955, p. 2302.
(2) C. Grenier, *Comptes rendus*, 241, 1955, p. 862.
(3) *IXe Congrès du Froid*, Paris, septembre 1955.

soit en fonction des efforts élémentaires :

$$\Delta H_c = \sum_i \frac{\partial H_c}{\partial \tau_i} \tau_i,$$

où les τ_i (i de 1 à 6) sont respectivement X_x, Y_y, Z_z, Y_z, Z_x, X_y et les e_i (i de 1 à 6) sont respectivement e_{xx}, e_{yy}, e_{zz}, e_{yz}, e_{zx}, e_{xy}. L'effet de pression hydrostatique s'écrira

$$\Delta H_c = \left(\frac{\partial H_c}{\partial p}\right)_h p = \left(\frac{\partial H_c}{\partial X_x} + \frac{\partial H_c}{\partial Y_y} + \frac{\partial H_c}{\partial Z_z}\right)(-p).$$

Cette relation a été vérifiée expérimentalement dans le cas de l'étain ([1]), ([3]) et a été dérivée, par une autre méthode, par M. D. Fiske ([3]).

En considérant les phénomènes supraconducteurs et élastiques comme réversibles thermodynamiquement, et en assimilant le champ critique H_c et l'induction B à des scalaires, on obtient par une méthode analogue à celle qui a été développée pour la magnétostriction en volume ([4]), les relations

$$\Delta_n^S \tau_i = \frac{H_c}{4\pi} \frac{\partial H_c}{\partial e_i} \qquad \text{et} \qquad \Delta_n^S e_i = \frac{H_c}{4\pi} \frac{\partial H_c}{\partial \tau_i},$$

où $\Delta_n^S \tau_i$ exprime, à déformations constantes, la modification des efforts sur le métal; et, où $\Delta_n^S e_i$ exprime, à efforts constants, les composantes de magnétostriction, quand on passe de l'état normal à l'état supraconducteur.

Cas de l'étain. — 1° Par raison de symétrie on peut s'attendre à ce qu'il n'y ait aucune magnétostriction de cisaillement, $\Delta_n^S e_i = 0$ (pour $i = 4, 5, 6$), c'est-à-dire que les $\partial H_c / \partial \tau_i = 0$ pour $i = 4, 5, 6$, ce qui est bien vérifié expérimentalement ([1]).

2° Les résultats expérimentaux sur l'influence des efforts sur la supraconductibilité sont en bon accord avec le principe de similitude qui s'exprime par $\partial H_c / \partial \tau_i = (\omega / h)(\partial H_0 / \partial \tau_i)$ avec $h = H_c / H_0$ (H_0, valeur de H_c à $T = 0°K$) et ω, fraction des électrons à l'état supraconducteur ou degré d'ordre. Les composantes de magnétostriction $(H_c / 4\pi) \times (\partial H_c / \partial \tau_i)$ sont donc proportionnelles à ω.

On obtient ainsi :

$$\Delta_n^S e_{xx} = \Delta_n^S e_{yy} = +4.10^{-9} \omega, \qquad \Delta_n^S e_{zz} = 85.10^{-9} \omega.$$

Ces valeurs montrent que la magnétostriction se produit principalement dans la direction de l'axe quaternaire.

La magnétostriction en volume $\Delta_n^S v = \Delta_n^S e_{xx} + \Delta_n^S e_{yy} + \Delta_n^S e_{zz} \approx 9.10^{-8} \omega$ est

([4]) *Voir* par exemple : D. Schoenberg, *Superconductivity*, p. 74, Cambridge University Press, 1952.

en bon accord avec les résultats expérimentaux de B. G. Lazare et A. I. Sudovstov ([5]).

Remarque I. — Il semble normal de s'attendre à ce que la magnétostriction soit proportionnelle au degré d'ordre ω et ceci sous-entend que les effets des déformations élastiques obéissent au principe de similitude, vérifié dans le cas de l'étain. L'anisotropie pourrait être liée au fait que la « condensation » des électrons supraconducteurs prend place en des régions privilégiées de l'espace des moments.

Cas du mercure. — Le mercure ne se prête pas à une interprétation aussi simple. La magnétostriction calculée à partir des résultats expérimentaux ([2]) donne

$$\Delta_n^{\mathrm{S}} e_{xx} = \Delta_n^{\mathrm{S}} e_{yy} \approx h(2+3h) \times 13.10^{-9}$$

et

$$\Delta_n^{\mathrm{S}} e_{zz} \approx h(9-8{,}5h) \times 13.10^{-9},$$

ici on note non seulement une anisotropie, mais aussi que les différentes composantes de magnétostriction obéissent à des lois différentes et entre autres ne sont plus proportionnelles à ω.

Des éléments, autres que le nombre d'électrons supraconducteurs, interviennent.

Néanmoins, si l'on recherche une magnétostriction de la forme

$$k_1(\Delta_n^{\mathrm{S}} e_{xx} + \Delta_n^{\mathrm{S}} e_{yy}) + k_3 \Delta_n^{\mathrm{S}} e_{zz}$$

qui soit proportionnelle à $\omega = h(2-h)$ on l'obtient pour $k_3 = 2k_1$. Une telle relation est effectivement réalisée aux sommets de la première zone de Brillouin où $\Delta_n^{\mathrm{S}} \mathrm{K}/\mathrm{K} = -0{,}26(\Delta_n^{\mathrm{S}} e_{xx} + \Delta_n^{\mathrm{S}} e_{yy}) - 0{,}54\, \Delta_n^{\mathrm{S}} e_{zz} = -38.10^{-9}\omega$.

Il semble très tentant de conclure que la « condensation » des électrons supraconducteurs se fait au voisinage de ces sommets de zones, ou au contraire évite cette région. L'étain donne de même : $\Delta_n^{\mathrm{S}} \mathrm{K}/\mathrm{K} = -52.10^{-9}\omega$.

Remarque II. — Les sommets de zones ne sont évidemment pas les seuls éléments répondant à de telles propriétés, mais ils interviennent effectivement dans le critère de supraconductibilité de M. Born et K. C. Cheng ([6]).

Remarque III. — Δ_n^{S} est la magnétostriction sur la courbe critique, de H_c^+ à H_c^-. La magnétostriction $\Delta_n^{\mathrm{S}(0)}$ qui a un sens physique du point de vue de la remarque I et du paragraphe 1 de l'étain doit tenir compte de la magnétostriction classique $e_{i\mathrm{S}}(0) - e_{i\mathrm{S}}(\mathrm{H}_c^-) = (\mathrm{H}_c^2/8\pi)(\partial v/\partial \tau_i)$ qui apparaît lorsque le champ H diminue de H_c^- à 0. Les corrections à faire pour l'étain sont faibles et les résultats et les conclusions relatifs à Δ_n^{S} s'appliquent à $\Delta_n^{\mathrm{S}(0)}$. Ces corrections pourraient ne pas être négligeables pour le mercure mais restent de l'ordre de grandeur des erreurs d'expériences.

([5]) *Dokl. Akad. Nauk S. S. S. R.*, 69, 1949, p. 345.

([6]) *J. Phys. Rad.*, 7e série, 9, 1948, p. 249.

LUMINESCENCE. — *Emploi de la phosphorescence à température ordinaire comme méthode d'analyse chimique : première application aux amino-acides.* Note (*) de MM. **Boris Rybak**, **Robert Lochet** et **Auguste Rousset**, présentée par M. Jean Cabannes.

La luminescence des composés organiques peut être spécifique de la structure moléculaire au même titre que l'absorption ultraviolette. Mais la fluorescence n'est facilement observable qu'avec des solutions étendues et, dans certains cas, sa composition spectrale et son intensité varient avec la nature du solvant, le pH, les impuretés. La phosphorescence α, qui, du point de vue spectral, est l'équivalent de la fluorescence, peut s'obtenir dès la température ordinaire sur des milieux rigides : solution solide ou cristal; dans ce dernier cas elle a toujours une faible intensité. La phosphorescence β qui résulte de la transition directe de l'état métastable à l'état normal ne devient importante qu'aux basses températures où la phosphorescence α disparaît.

Des recherches sur la phosphorescence β de protéines et d'aminoacides ont amené P. Debye et J. O. Edwards (1) à constater que cette phosphorescence était associée aux aminoacides aromatiques (tyrosine, tryptophane, phénylalanine).

Nous nous sommes proposés d'examiner si la phosphorescence α, à température ordinaire, de corps cristallisés, était caractéristique de leur structure; ayant notamment comme but de permettre la lecture de chromatogrammes, nous avons spécialement considéré les composés organiques doués d'intérêt biologique. Nos études ont été rendues possibles par l'utilisation conjuguée d'un puissant phosphoroscope (2), d'un spectrographe lumineux et d'un microphotomètre enregistreur à grande sensibilité. L'excitation était obtenue par l'ultraviolet moyen d'une lampe à vapeur de mercure HP 125 filtrée par une lame de mica de 1 mm d'épaisseur. Les différents aminoacides ont été étudiés à l'état *solide*. A la température ordinaire, la plupart d'entre eux ont présenté une phosphorescence; l'intensité en était variable et des spectres utilisables ont été obtenus avec des plaques super panchro Lumière sensibles jusqu'à 6800 Å et temps de pose compris entre 3 et 30 mn.

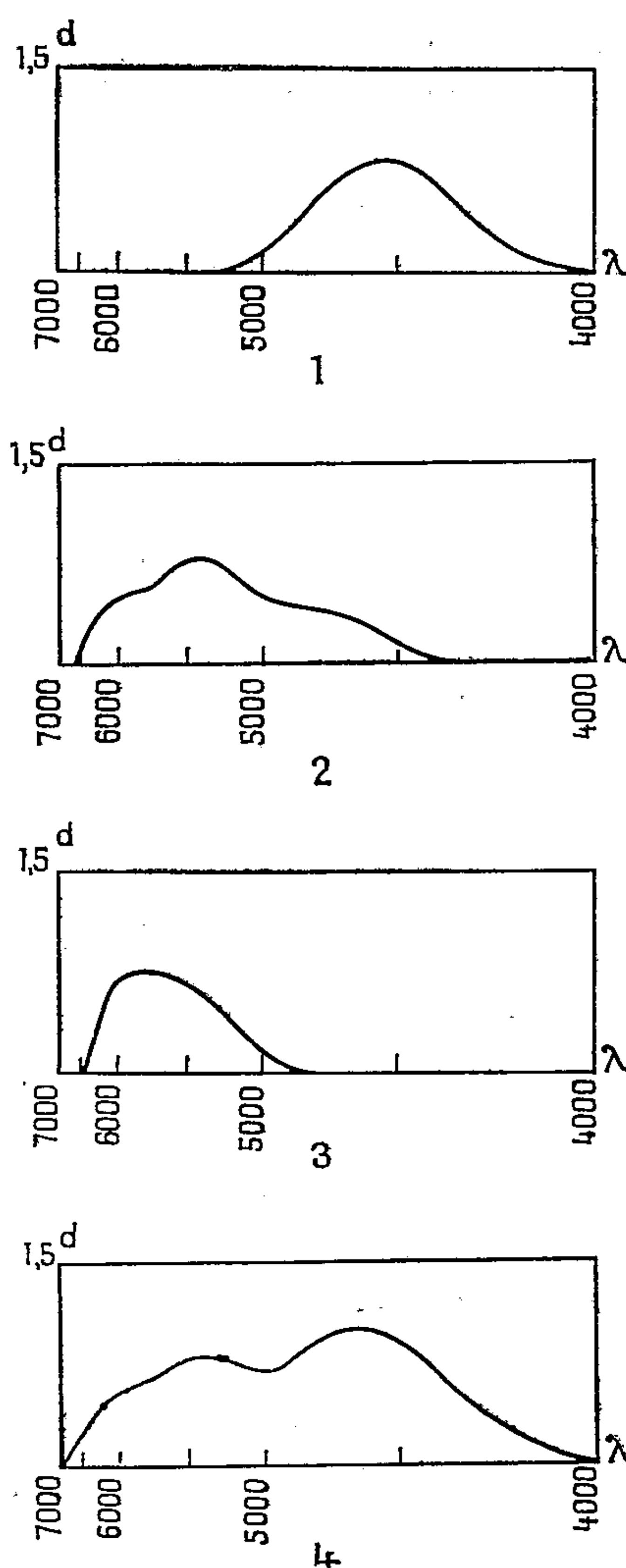
Nous groupons ici, pour que cela constitue un ensemble démonstratif les spectres de la *l*( ) alanine (densitogramme 1), celui de la DL-phényla-

(*) Séance du 24 octobre 1955.

(1) *Science*, 116, 1952, p. 143.

(2) R. Lochet et A. Rousset (à paraître au *Journal de Physique*, Lettre à la Rédaction, novembre 1955).

lanine (densitogramme 2) et celui du L( ) tryptophane ou indolylalanine (densitogramme 3). On voit que la présence d'un noyau aromatique n'est pas nécessaire pour déterminer la phosphorescence α et on peut comparer l'influence de l'introduction du noyau benzénique et de celui de l'indol sur la



position des bandes spectrales. La β( ) alanine n'a pas phosphorescé dans les conditions de nos expériences. Nous avons adjoint le spectre de phosphorescence α du glycocolle (spectre 4) pour deux raisons. La première est qu'il s'agit d'un aminoacide non aromatique qui, comme on le voit, peut cependant présenter une phosphorescence notable; la seconde est qu'une partie de la phosphorescence du glycocolle, par sa composition spectrale (région comprise entre 5 000 et 6 800 Å), se rapproche du spectre de composés aromatiques et ceci pourrait être dû à la présence d'une impureté aromatique. Quoiqu'il en soit, notre méthode indique la possibilité d'une

identification des différentes molécules organiques et notamment des acides aminés, éventuellement elle permet la mise en évidence d'impuretés en très faibles quantités.

SPECTROSCOPIE MOLÉCULAIRE. — *Spectres infrarouges des glyoximes.* Note (*) de MM. **Enzo Borello** et **Lucien Henry**, présentée par M. Jean Cabannes.

On indique les fréquences d'absorption infrarouge de quelques glyoximes avec attribution de plusieurs bandes, tirées de mesures de dichroïsme et de comparaisons avec les composés deutérés.

Les spectres sont obtenus avec des spectrographes Perkin-Elmer :

Modèle 12 C à optique de LiF entre 2 et 6 μ.

Modèle C 12 à double passage et optique en NaCl entre 6 et 15 μ.

Modèle 12 B modifié (1) et polariseur au sélénium (2) pour les mesures de dichroïsme.

Puisque l'on se propose d'étudier l'état cristallin des glyoximes, les échantillons sont tous spectrographiés à l'état solide dans de la paraffine (6-15 μ) ou du polychlorofluoréthylène (2-6 μ).

On sait en effet que la diméthylglyoxime cristallise sous la forme trans et que certaines glyoximes présentent plusieurs isomères de position, et l'on se propose de revenir par la suite sur les spectres de ces isomères.

Les échantillons examinés correspondaient chacun à une forme cristalline bien déterminée.

FRÉQUENCES INFRAROUGES OBSERVÉES (3). — *Glyoxime :* 677, 767, 802, 908, 957, 975, 994, 1150, 1281, 1432, 1467, 1606, 1596-1640, 2427, 2571, 2703, 2735, 2802, 2892, 3070, 3231, 3320, 3410.

Méthylglyoxime : 713, 760, 850, 938, 950, 1004, 1040, 1272, 1308, 1381, 1470, 1615, 1642, 2853, 2912, 3046, 3087, 3259.

Diméthylglyoxime : 711, 760 large, 905, 983, 1028, 1098, 1152, 1298, 1369, 1430, 1466, 1625, 1700, 2936, 2952, 3046, 3098, 3209.

Méthyléthylglyoxime : 703, 753, 775, 810, 899, 965, 984, 1010, 1052, 1070, 1154, 1380, 1468, 1658, 2912, 2973, 3074, 2308, 3288.

Isopropylglyoxime : 745, 810, 905, 936, 954, 1005, 1110, 1153, 1249, 1298, 13.7, 1468, 1642, 2853, 2892, 2912, 2961, 3021, 3105, 3231.

Diphénylglyoxime : 695, 713, 759, 874, 925, 985, 1036, 1068, 1162, 1238, 1405, 1465, 1589, 1630?, 2805, 2844, 2916, 3021, 3058, 3270.

(*) Séance du 24 octobre 1955.

(1) BARCHEWITZ, *Revue d'Optique*, 33, 1954, p. 519.

(2) BARCHEWITZ et HENRY, *J. Phys.*, 15, 1954, p. 639.

(3) Les spectres seront publiés dans la *Gazzetta Italiana di Chemica.*

Phénylglyoxime : 700, 766, 810, 926, 945, 957, 998, 1079, 1295, 1320, 1340, 1381, 1459, 1589, 1633, 2882, 2912, 3021, 3070, 3175, 3240.

Méthylphénylglyoxime : 697, 713, 750, 777, 894, 925, 979, 1019, 1048, 1071, 1211, 1380, 1437, 1469, 1508, 1592, 1640, 2853, 2912, 3021, 3070, 3231.

Les fréquences observées pour la glyoxime, la méthyl-glyoxime, la diméthyl-glyoxime, sont en accord avec celles observées par H. Boer (4).

La deutération nous conduits aux attributions suivantes :

Les bandes situées vers 3200 cm^{-1} sont dues aux vibrations OH de valence. Elles sont remplacées dans les produits deutérés par des bandes vers 2360 cm^{-1}.

De même la bande large à 760 cm^{-1} est due aux vibrations OH de déformation. Notons que cette bande est double dans le cas de la glyoxime. La disparition de ces bandes par deutération a été vérifiée pour la glyoxime, la méthyl-, la diméthyl- et la méthyléthylglyoxime.

La fréquence de la bande située vers 1150 cm^{-1} s'abaisse par deutération jusqu'à 1100 cm^{-1} ; nous pensons devoir l'attribuer à la vibration de valence du groupement $=N-O\diagup$.

Nous observons dans la diméthylglyoxime une bande Raman 1643 cm^{-1} correspondant à une bande infrarouge faible à 1625 cm^{-1}, ces bandes sont attribuées aux vibrations du lien valenciel $>C=N-$.

En adoptant la description cristallographique de Merrit et Lauterman (5), on a montré que la bande à 1625 cm^{-1} de la diméthyl glyoxime correspond à une vibration dirigée suivant la direction de l'axe *b*. Par conséquent les mesures de dichroïsme confirment l'attribution ci-dessus. La direction, par rapport aux paramètres cristallins, du moment électrique de la vibration située à 1150 cm^{-1} est en accord également avec l'attribution ci-dessus.

La bande vers 1640 cm^{-1} est d'autant plus intense que les substituants sur les atomes de carbone sont plus dissymétriques. Sa fréquence est voisine de celle trouvée par Druckaerts (6) pour les monoximes et les imides. Son intensité, très faible dans le cas de la diméthyl glyoxime centro-symétrique, explique pourquoi cet auteur ne l'a pas observée en infrarouge.

PHYSIQUE DES SOLIDES. — *Le rôle de la viscosité dans la formation de l'état vitreux.* Note (*) de Mme ANIUTA WINTER, présentée par M. Jean Cabannes.

La méthode la plus fréquente pour étudier le changement d'état d'un corps, consiste à observer la courbe d'évolution d'une de ses constantes

(4) BOER et J.-A. GOEDKOOP, *R. Trav. Chim. P. B.*, 69, 1950, p. 196.

(5) MERRIT et LAUTERMAN, *Acta Crist.*, 5, 1952, p. 811.

(6) *Bul. Soc. Royale des Sciences de Liége*, 5, 1952, p. 196.

(*) Séance du 24 octobre 1955.

physiques en fonction de la température. Au passage de l'état liquide à l'état cristallin, par exemple, une telle courbe présente une discontinuité pour une température très bien définie.

Aucune discontinuité de ce genre ne se présente au passage de l'état liquide à l'état vitreux. Cependant, il existe un intervalle de température dans lequel la constante étudiée subit une variation particulièrement rapide et que l'on observe le mieux, en traçant la courbe de la dérivée : cette dernière présente deux sauts brusques, et l'intervalle des températures, ainsi délimité, s'appelle le domaine de transformation [1].

Il ne semble pas possible de déterminer avec précision les limites du domaine de transformation qui, en apparence, dépendent de nombreuses conditions expérimentales : l'intervention du facteur « temps » [2], l'histoire thermique de l'échantillon, la vitesse de chauffe ou de refroidissement pour atteindre une température donnée.

Il en résulte que les valeurs extrêmes, entre lesquelles la constante physique observée varie dans le domaine de transformation ne sont connues qu'approximativement. Malgré cette imprécision, la comparaison entre différents verres conduit à la conclusion suivante tout à fait remarquable : bien qu'en général les valeurs des diverses constantes physiques dépendent de la nature du verre étudié aussi bien dans l'intervalle de transformation qu'en dehors de cet intervalle, la viscosité fait exception à cette règle. Quel que soit le verre considéré, sa viscosité varie au passage du domaine de transformation de 10^8 p. environ à approximativement 10^{16} p. Répétons que ces valeurs extrêmes ne peuvent pas être déterminées exactement; cependant l'incertitude qui subsiste est extrêmement faible comparée à la variation totale de 10^8 à 10^{16} p. qui reste la même pour tous les verres, bien que la position et l'étendue de l'intervalle de transformation varient considérablement d'un cas à un autre [3].

Pour illustrer ce fait, on a présenté sur la figure, les courbes de viscosité pour quatre verres différents, en même temps que les courbes d'évolution d'une autre constante type, telle que l'indice de réfraction ou la chaleur spécifique.

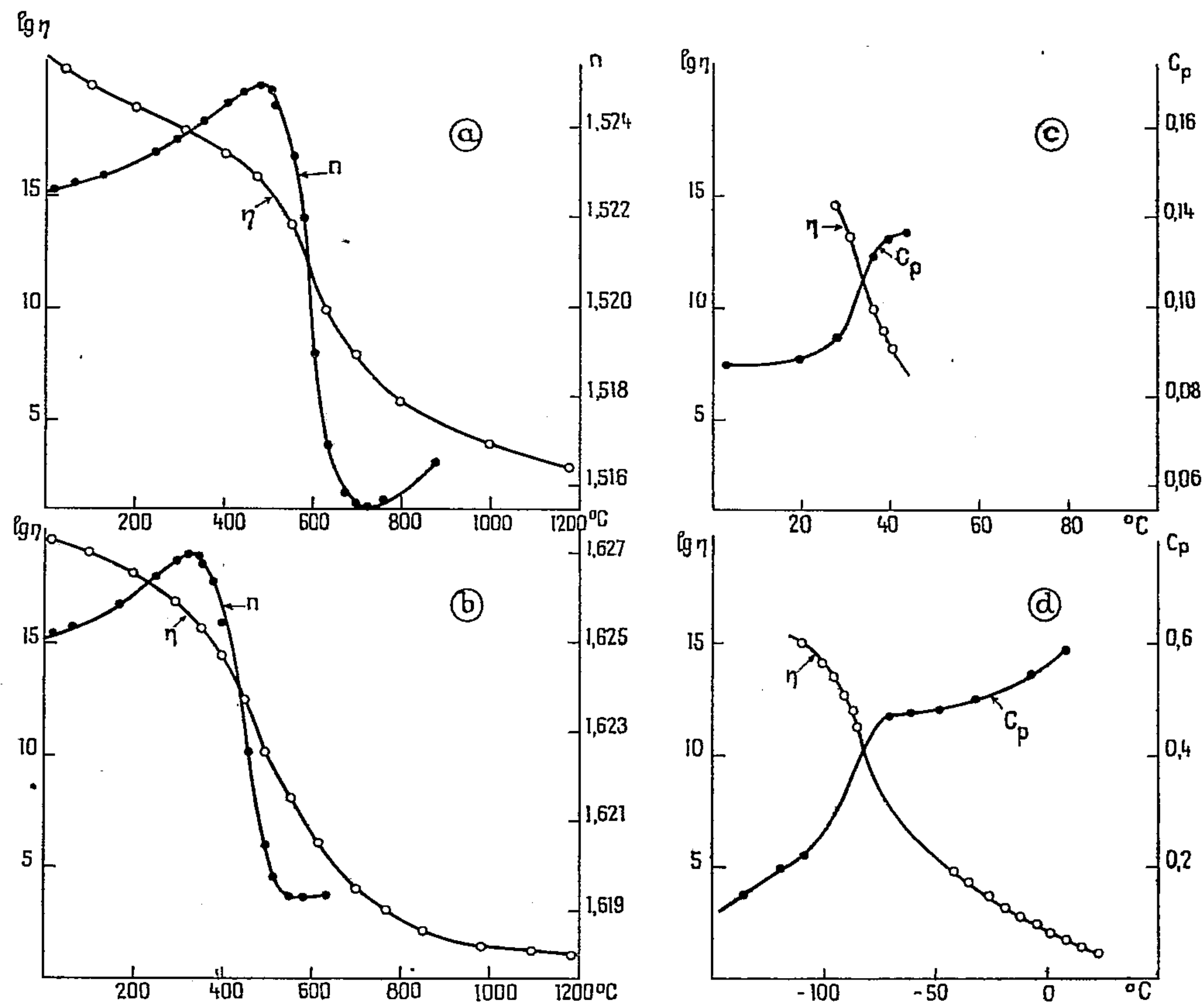
On constate sur ces courbes que le domaine de transformation déterminé par la pente rapide de la constante physique observée, correspond toujours à la même gamme de viscosité, quelle que soit la nature du verre étudié, et malgré que le début du domaine de transformation varie de — 120° pour le verre de glycérine à + 480° pour le verre sodo-calcique.

(1) A. Winter, *J. Amer. Ceram. Soc.*, 26, (6), p. 189-199.

(2) A. Winter, *Verres et Réfractaires*, 7, (4), 1953, p. 217-227.

(3) Ainsi les différentes mesures effectuées au moyen des diverses constantes physiques ont donné pour la limite supérieure de la viscosité, les valeurs suivantes : $\eta = 10^{15,6}$, $\eta = 10^{15,8}$, $\eta = 10^{16,1}$.

Pour apprécier combien cette propriété est exceptionnelle et particulière à la viscosité, regardons les valeurs d'une autre constante physique type,



a. Verre sodocalcique :
○ viscosité (2); ● indice de réfraction (1).

b. Verre au plomb :
○ viscosité; ● indice de réfraction.

c. Verre de sélénium pur :
○ viscosité (4); ● chaleur spécifique (5).

d. Verre de glycérine :
○ viscosité (6); ● chaleur spécifique (7).

telle que l'indice de réfraction, correspondant à la viscosité $\eta = 10^{13}$ p, située au milieu du domaine de transformation (*voir* tableau).

(4) G. TAMMANN, *Der Glaszustand*, Leipzig, Verlag von L. Voss, 1933, p. 29.
(5) *Handbook of Chemistry and Physics*, 35e éd., p. 2087.
(6) Mme M. PROD'HOMME, *Comptes rendus*, 240, 1955, p. 78.
(7) F. SIMON, *Ann. Phys.*, 68, 1922, p. 260.

Nature du verre.	T_i température correspondante à 10^{13} p.	n_D.	Δn entre les limites extrêmes du domaine de transformation.
Sodocalcique	580°	1,515	1.10^{-2}
Au plomb	425°	1,624	$0,8.10^{-2}$
De sélénium	30°	3,106	–
De glycérine	—98°	1,495	3.10^{-2}

On voit que la variation d'un verre à un autre dépasse de beaucoup le changement que subit l'indice de réfraction de chaque verre au passage par le domaine de transformation.

Il semble donc que la formation d'un verre soit liée à une variation déterminée de la viscosité, la même pour tous les liquides verrogènes, et que le domaine de transformation est par définition l'intervalle de température dans lequel s'accomplit cette variation constante de la viscosité.

PHYSIQUE CORPUSCULAIRE. — *Triplets du rayonnement cosmique*. Note (*) de Mme **Madeleine Avan** et M. **Louis Avan**, présentée par M. Louis Leprince-Ringuet.

Des mesures plus précises nous ont permis de reprendre le calcul de la section efficace σ (1) de production de triplets par les électrons issus de paires, et d'étudier la variation de cette section efficace avec l'énergie E de l'électron primaire.

1° $0,8 < E < 10$ BeV. — Les 19 triplets retenus dans ce domaine d'énergie se rapportent à une surface d'observation $S = 600\ \text{cm}^2$. Pour estimer la longueur totale Y d'électrons de paires suivis dans S, nous avons mesuré directement toutes les longueurs et les énergies des électrons de paires repérés dans $s = 30\ \text{cm}^2$. Les 120 électrons de paires situés dans la bande d'énergie de 0,8 à 10 BeV et observés dans s ont une longueur $y = 42,5$ cm. (Ils donnent lieu à l'émission de deux triplets.)

Les 19 triplets correspondent ainsi à $\sim 20 \times 42,5 = (850 \pm 80)$ cm.

L'erreur indiquée est due à l'extrapolation des mesures de longueurs. La valeur vraie du libre parcours moyen λ est légèrement supérieure à

$$\bar{\lambda} = \frac{Y}{n} = \{44,7 \pm 4,2\}\ \text{cm}.$$

Cette augmentation est due à l'influence des événements observés qui se présentent à la fin du parcours total observé.

(*) Séance du 31 octobre 1955.

(1) M. et L. Avan, *Comptes rendus*, 239, 1954, p. 1372.

La méthode de M. Annis, W. Cheston et H. Primakoff ([2]) donne

$$\lambda \cong \bar{\lambda} + n^{-1}\sum_{j=1}^{n} X_j \left\{ \exp \frac{X_j}{\bar{\lambda}} - 1 \right\}^{-1},$$

X_j, longueur totale observable relative au triplet j, $X_j \gg \bar{\lambda}$.

Pour $n \gtrsim 8$ MM. Block, D. T. King et WW. Wada ([3]) démontrent que

$$\lambda \cong \lambda(1 + 1{,}18\, n^{-1}).$$

Pour $n = 19$,

$$\lambda = (47{,}4 \pm 12{,}2)\ \text{cm}.$$

Dans cette bande d'énergie, 6 % des pseudo-triplets ([4]) peuvent être confondus avec les triplets. Nous avons observé 82 pseudo-triplets pour 19 triplets. Le nombre probable de triplets est donc

$$n' = \left\{ 1 - 0{,}06 . \frac{82}{19} \right\} . n = 16 \qquad \text{et} \qquad \lambda' = \{ 56{,}8 \pm 16{,}1 \}\ \text{cm}.$$

Cette valeur λ' correspond à une section efficace σ,

$$\sigma = \frac{1}{N . \lambda'} = 2{,}2 \pm 0{,}6 . 10^{-25}\ \text{cm}^2/\text{noyau}.$$

$N = 8{,}03 . 10^{22}$ atomes/cm^3 pour les émulsions Ilford G_5.

Énergie moyenne des primaires $\bar{E} \sim 3{,}5$ BeV.

2° $0{,}1 < E < 0{,}8$ BeV. — La même méthode donne, pour $n = 10$ triplets et une longueur totale d'électrons de paires $Y = 3520 \pm 300$ cm un libre parcours $\lambda = 366$ cm et une section efficace

$$\sigma = 0{,}34 \pm 0{,}13 . 10^{-25}\ \text{cm}^2/\text{noyau}$$
$$\bar{E} \sim 0{,}25\ \text{BeV}.$$

La contribution des pseudo-triplets est beaucoup plus faible dans cette bande. Un calcul analogue au précédent conduirait à une valeur

$$\sigma = 0{,}28 \pm 0{,}12 . 10^{-25}\ \text{cm}^2$$

certainement sous-estimée.

Ces valeurs vérifient les sections théoriques de H. J. Bhabha ([5]) modifiées par Block, King et Wada ([3]) :

$$\sigma_{Bh} = 0{,}46 . 10^{-25}\ \text{cm}^2 \quad \text{à } 0{,}25\ \text{MeV},$$
$$\sigma_{Bh} = 2 . 10^{-25}\ \text{cm}^2 \quad \text{à } 3{,}5\ \text{MeV},$$

([2]) *Rev. Mod. Phys.*, 25, 1953, p. 818.

([3]) *Phys. Rev.*, 96, 1954, p. 1627.

([4]) D. T. KING et M. M. BLOCK, *Phys. Rev.*, 95, 1954, p. 648; M. M. BLOCK et D. T. KING, *Phys. Rev.*, 95, 1954, p. 171.

([5]) *Proc. Roy. Soc.*, (London), A. 152, 1935, p. 559.

bien que notre valeur semble un peu faible à 250 MeV; il est intéressant de les comparer aux résultats expérimentaux de M. Kaplon et M. P. Koshiba (6) $\sigma = 4{,}2.10^{-25}$ cm² de 1 à 10 BeV, de Block, King et Wada (3) $\sigma = 0{,}93.10^{-25}$ cm² pour une énergie moyenne voisine de 0,4 BeV.

Les diverses fluctuations par rapport aux lois théoriques peuvent s'expliquer par l'utilisation de l'approximation de Born lorsque les paires créées ont une faible énergie (7) ou par les conditions d'observation.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Sur le rayonnement de freinage interne et externe de* ^{147}Pm *et de* ^{143}Pr. Note (*) de Mme **Hélène Langevin-Joliot**, transmise par M. Frédéric Joliot.

Le spectre de freinage interne de ^{147}Pm, obtenu à l'aide d'un spectromètre à scintillations dans un dispositif approprié est en désaccord tant pour la forme que pour l'intensité avec la théorie. Le nombre de photons atteint 450 % de la valeur théorique au-dessus de 60 keV. De premiers résultats sur ^{143}Pr indiquent aussi un excès de photons.

F. Boehm et C. S. Wu (1) ont étudié le rayonnement de freinage interne de ^{35}S (167 keV) et ^{147}Pm (225 keV) et ont obtenu des résultats en accord avec la théorie de J. Knipp et G. E. Uhlenbeck (2). N. Starfelt et N. L. Svantesson (3) d'une part, et nous-mêmes (4) d'autre part, avons au contraire trouvé dans le cas de ^{35}S un excès considérable de photons par rapport à la théorie. Nous avons repris l'étude du freinage interne accompagnant la désintégration β^- de ^{147}Pm avec l'appareillage décrit dans les *Comptes rendus* (4).

Une attention particulière a été portée à la purification du prométheum; en effet deux sources extraites des produits de fission et provenant d'Harwell contenaient des traces d'impuretés : principalement ^{155}Eu (environ 10^{-4}) et en plus faible proportion ^{144}Ce et ^{154}Eu, identifiées par spectrométrie γ à scintillations. M. Lederer (5) a mis au point et effectué la séparation de ces éléments par chromatographie sur papier; cependant on constate qu'il subsiste après cette séparation une raie correspondant à l'émission de photons de 125 ∓ 5 keV avec une intensité de $(2{,}5 \mp 1).10^{-5}$ par désintégration de ^{147}Pm. L'origine de ce rayonnement ne peut être actuellement précisée; il en a été tenu compte dans l'étude du rayonnement de freinage de ^{147}Pm.

(6) *Phys. Rev.*, 95, 1954, p. 647.
(7) S. Hayakawa, Communication privée.

(*) Séance du 31 octobre 1955.
(1) *Phys. Rev.*, 93, 1954, p. 518.
(2) *Physica*, 3, 1936, p. 425.
(3) *Phys. Rev.*, 97, 1955, p. 708.
(4) H. Langevin-Joliot, *Comptes rendus*, 241, 1955, p. 872.
(5) *Nature*, 176, 1955, p. 462.

En vue de déterminer si d'autres γ pouvaient perturber les résultats au-dessous de 100 keV, une source de ^{147}Pm purifiée, en sandwich entre deux pastilles de carbone, a été étudiée devant un compteur proportionnel ([6]). Aucun autre rayonnement que ceux du réarrangement consécutif à l'autoionisation n'a été décelé. L'étude avec un bon pouvoir de résolution de l'intensité des raies K_α, K_β par rapport au fond de freinage a permis de calculer la correction à appliquer aux spectres par scintillations pour tenir compte de la présence de ces raies. Cette correction est toujours inférieure à 30 %.

Quatre sources de ^{147}Pm ont été utilisées pour l'étude du freinage interne (*fig.* 1); deux d'entre elles (5 et 13 μc) ont été préparées par évaporation thermique sous vide de benzoïlacétonate de prometheum, sur des feuilles de LC 600 de 20 μg/cm²; les deux autres (7 et 70 μc) ont été déposées par goutte, après évaporation sur la feuille mince, d'un peu d'insuline très

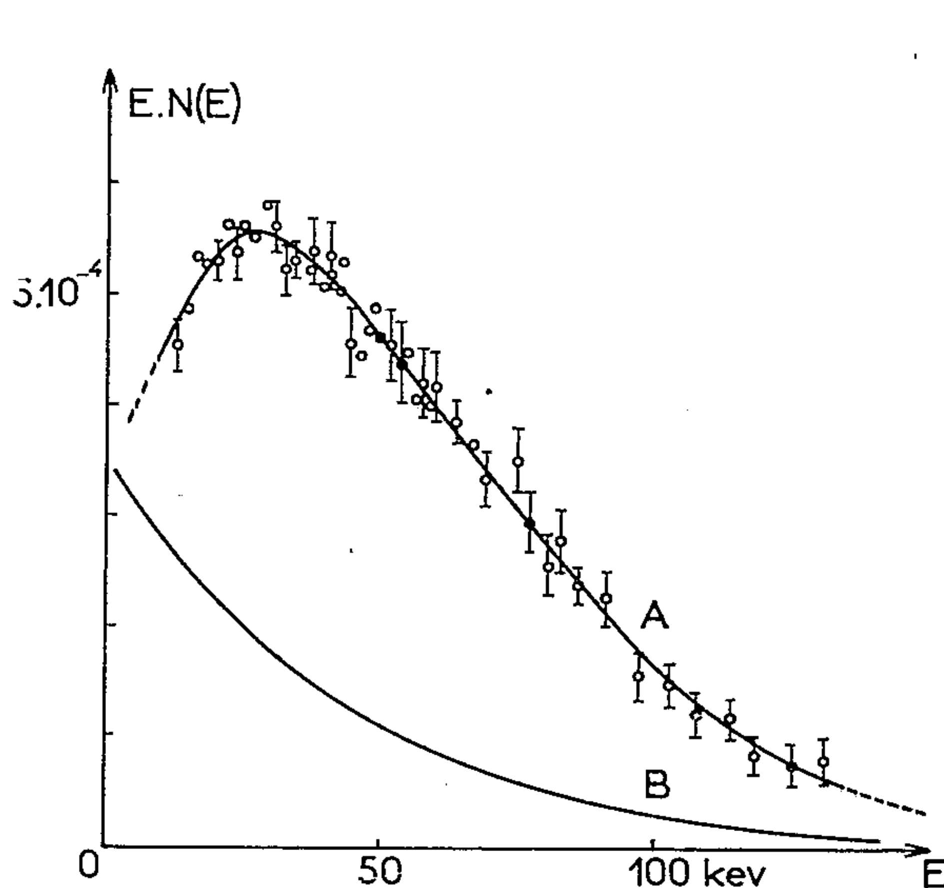


Fig. 1.

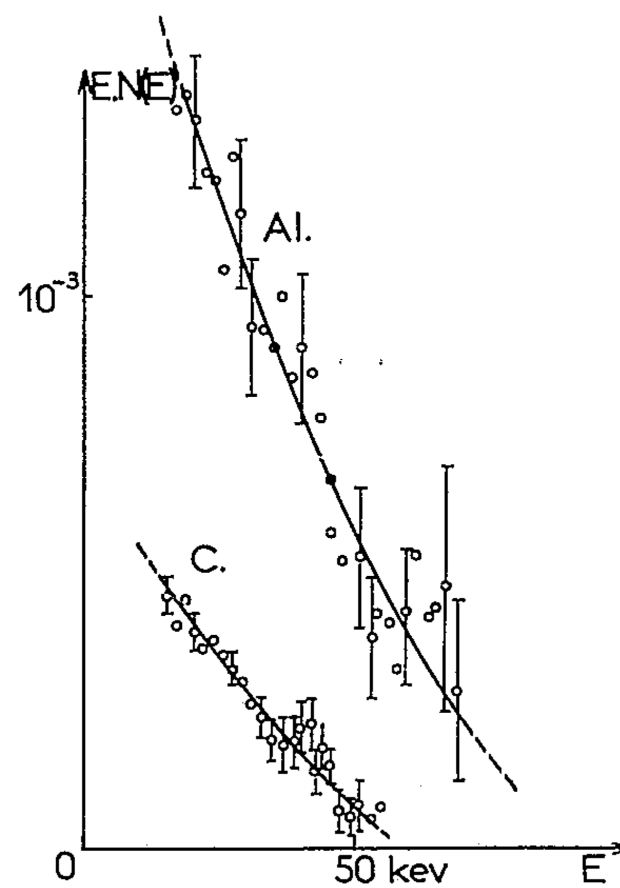


Fig. 2.

Fig. 1. — Spectre de freinage interne de ^{147}Pm. A, courbe expérimentale; B, courbe théorique.
Fig. 2. — Spectres de freinage externes. Al, aluminium; C, carbone;
E, énergie des photons; N(E); nombre de photons par kiloélectron-volt et par désintégration.

diluée. Les sources ont été séparément mesurées par comparaison avec une source de ^{99m}Tc ([4]); seule la plus intense présente par rapport aux autres un excès de photons dans la région de faible énergie, excès attribuable au freinage externe dans la source. Trois sources ont été utilisées pour l'étude du freinage externe (*fig.* 2) dans le carbone, une seule pour le freinage dans l'aluminium.

On peut constater sur la figure 1 que le rayonnement de freinage interne est très supérieur à ce que prévoit la théorie, dans toute la bande d'énergie étudiée.

([6]) H. Langevin-Joliot, II, *Comptes rendus* (à paraître).

Le désaccord excède un facteur 4,5 au-dessus de 60 KeV; l'énergie moyenne par désintégration, obtenue en extrapolant nos résultats au-delà de 130 KeV, est de $(4,4 \mp 0,6).10^{-2}$ keV au lieu de $1,47.10^{-2}$ keV prévu.

Nous avions entrepris simultanément l'étude de ^{143}Pr (920 keV). ^{143}Pr a été extrait sans entraîneur à partir de CeO_2 irradié à la pile P_2 de Saclay; une purification sur colonne échangeuse d'ions a permis d'éliminer convenablement ^{143}Ce. L'examen de la source en sandwich dans le carbone à l'aide d'un spectromètre à scintillations en géométrie proche a permis de vérifier l'absence de toute raie γ notable.

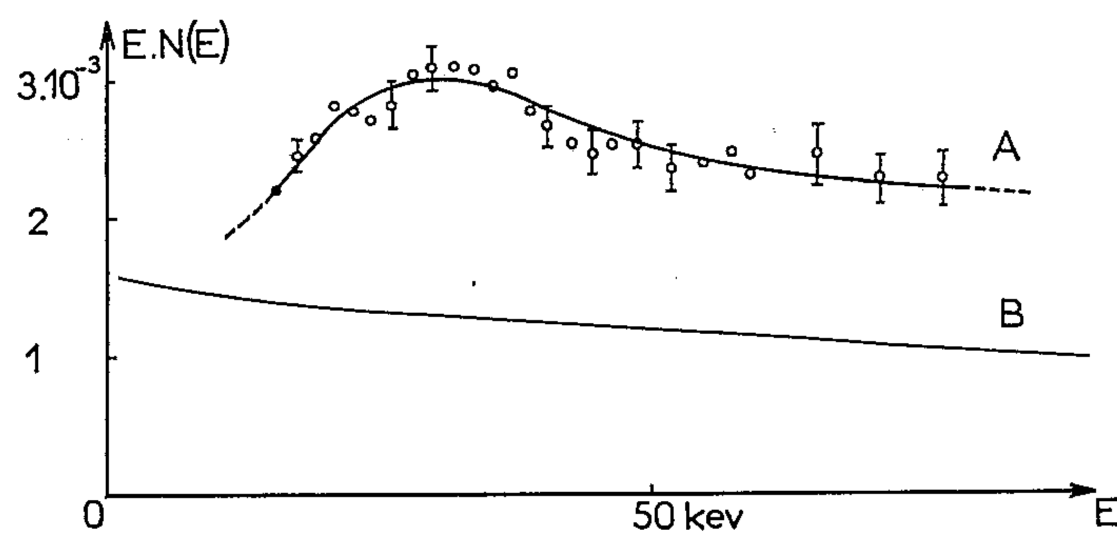


Fig. 3. — Spectre de freinage interne de ^{143}Pr. A, expérimental; B, théorique.

Une seule source (de 5 μc seulement) a pu être jusqu'ici utilisée pour l'étude du freinage interne. Les conditions expérimentales étaient les mêmes que pour ^{147}Pm et ^{35}S ([4]) sauf pour le champ magnétique porté à 2300 gauss. On a tenu compte du fond compton des γ énergiques, de la diffusion des γ dans l'appareil et des photons d'autoionisation, avec l'intensité prévue par la théorie. Ces premiers résultats (*fig.* 3) indiquent aussi un excès de photons par rapport à la théorie.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Concentration d'isotopes par électromigration sur amiante imprégnée de sels fondus.* Note (*) de MM. **Marius Chemla** et **André Bonnin**, transmise par M. Frédéric Joliot.

L'emploi de papier d'amiante comme support d'une phase à l'état fondu permet d'étudier l'électromigration d'une zone de ^{22}Na et ^{24}Na. Après un parcours de 35 cm, le rapport ^{22}Na/^{24}Na varie de 0,6 à 1,8 d'une extrémité à l'autre de la tache radioactive.

La migration des ions dans un champ électrique a été fréquemment utilisée pour la séparation d'isotopes. Dans les appareils de Klemm en phase solide

(*) Séance du 31 octobre 1955.

et fondue ([1]), de Brewer, Madorsky et leurs collaborateurs en solution ([2]), une électrolyse prolongée produit des enrichissements isotopiques dans les compartiments anodique et cathodique. Ces méthodes permettent, outre la production d'isotopes enrichis, la mesure de la différence relative de leurs mobilités. Cette dernière grandeur est plus directement atteinte par une méthode de migration de zone que nous avons déjà utilisée en phase solide ([3]) et en solution ([4]).

Nous avons ici appliqué cette méthode à l'étude de l'électro-migration en phase fondue. En fait, un support poreux imprégné du sel fondu est nécessaire pour éviter les courants de convection. Parmi les matériaux utilisables, notre choix s'est porté sur le papier d'amiante, d'un emploi plus simple qu'une colonne. La méthode est alors analogue à une classique électrophorèse sur papier de cellulose. Comme dans nos expériences antérieures, les deux isotopes utilisés sont ^{22}Na et ^{24}Na, dont la migration est étudiée dans un mélange $NO_3Na — NO_3K$ fondu et porté à 300°C. Le rapport isotopique est déterminé par mesure des activités ^{22}Na et ^{24}Na.

Une bande de papier d'amiante de $50 \times 1,5$ cm, épaisse de 0,3 mm, est calcinée, puis plongée dans un bain fondu constitué par 55 % NO_3K et 45 % NO_3Na. L'excès de sel est absorbé par un support d'amiante dans un four porté à 300 °C. L'imprégnation est alors de 25 mg/cm². L'expérience est ensuite conduite comme une électrophorèse ordinaire dans laquelle l'enceinte étanche est remplacée par un tube de pyrex horizontal, de longueur 70 cm et de diamètre 5 cm, porté à 300 °C par une résistance électrique dont les spires sont fixées au verre, le long de deux génératrices, par un ciment au silicate de soude-kaolin. La tension appliquée étant de 700 V, l'intensité du courant est de 100 mA. La distance parcourue en quatre heures a été de 35 cm, soit environ 9 cm/h pour un champ de 14 V/cm. Le papier est ensuite découpé en échantillons de 5 mm de longueur, la composition en ^{22}Na et ^{24}Na est déterminée à partir des mesures de décroissance. Les deux courbes de répartition portées sur la figure 1 sont décalées d'environ 3 mm. Sur la figure 2 sont représentées les variations du rapport $^{22}Na/^{24}Na$ qui passe de 0,6 à 1,8 d'une extrémité à l'autre de la tache.

Ces résultats montrent que l'isotope le plus léger est le plus rapide, la différence relative de mobilité étant de l'ordre de 0,01 alors qu'elle était de 0,003 en solution. De plus, cette méthode permet de traiter des quantités de matière de l'ordre de 20 mg. Par contre, elle est d'un maniement plus difficile; des essais de longs parcours analogues à ceux obtenus précédemment ([4])

([1]) A. Klemm, *Z. Naturforsch*, 2a, 1947, p. 9; 8a, 1953, p. 397.

([2]) A. K. Brewer, S. L. Madorsky et al., *J. Research Nat. Bur. Standards*, 38, 1947, p. 137.

([3]) M. Chemla et P. Sue, *Comptes rendus*, 236, 1953, p. 2397.

([4]) A. Bonnin, M. Chemla et P. Sue, *Comptes rendus*, 241, 1955, p. 40.

n'ont pas donné d'enrichissements meilleurs car les taches obtenues étaient beaucoup plus larges. Les deux principales difficultés rencontrées sont : l'imprégnation qui doit rester faible, et la structure irrégulière de l'amiante qui perturbe la migration. Le papier de fibre de verre, qui n'est pas encore apparu sur le marché, pourrait être un meilleur support.

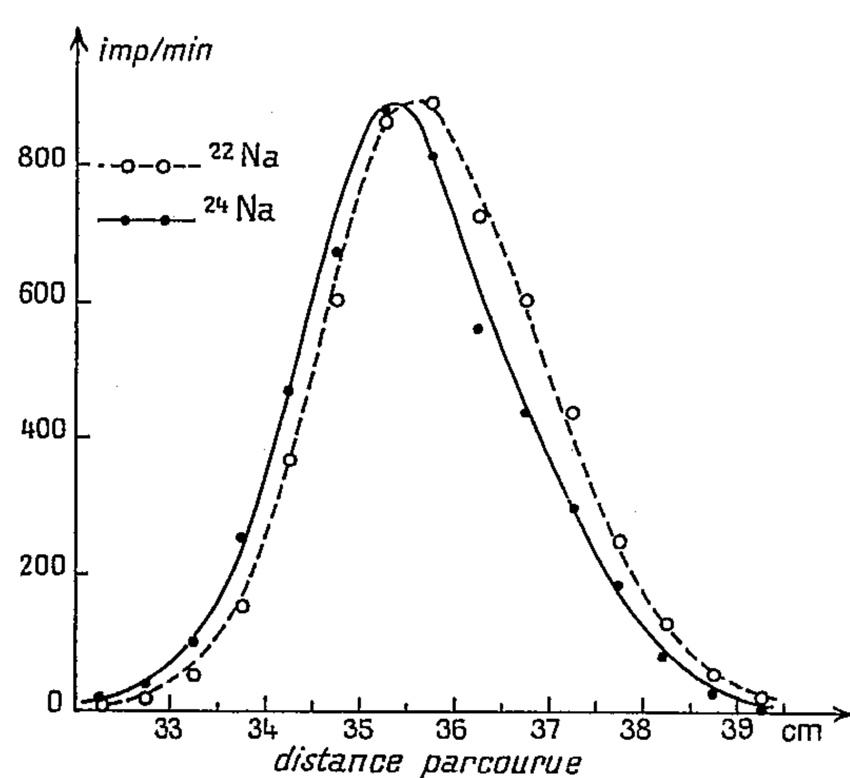


Fig. 1.

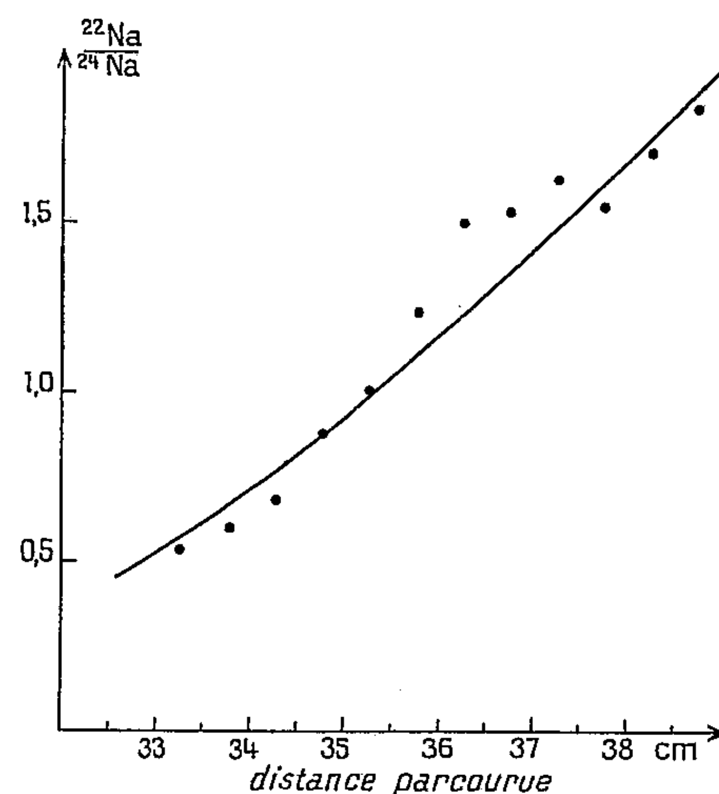


Fig. 2.

La différence relative de mobilité observée (0,01) est bien inférieure à celle déduite d'une loi $1/\sqrt{M}$ (0,05). Une analyse correcte doit faire intervenir la remarque déjà exposée ([4]) : dans les chocs avec les particules de solvant, l'isotope le plus lourd est le moins ralenti. D'après la théorie élémentaire des chocs élastiques, un ion de masse M, animé d'une vitesse $\vec{v}$, conserve en moyenne après un choc avec une particule de solvant de masse m une vitesse

$$\vec{u} = \frac{2}{\pi}\frac{M}{M+m}\vec{v}.$$

Cette relation s'applique en particulier aux composantes moyennes dans la direction du champ $\bar{u}$ et $\bar{v}$. D'autre part, entre deux chocs, l'ion est accéléré par le champ électrique de la vitesse $\bar{u}$ à la vitesse $\bar{v}$. Un calcul calqué sur celui de E. Darmois et G. Sutra ([5]) donne

$$\bar{v} = \bar{u} + \frac{He\lambda}{2kTM},$$

λ étant le libre parcours moyen. D'où la mobilité

$$V = \frac{\bar{u}+\bar{v}}{2} = \frac{He\lambda}{\sqrt{8kT}}\frac{1}{\sqrt{M}}\frac{\pi m+(\pi+2)M}{\pi m+(\pi-2)M}.$$

([5]) *Comptes rendus*, 222, 1946, p. 1286.

Appliquée à nos expériences cette formule conduit aux différences de mobilité relatives suivantes :

Nature de l'ion.	Milieu.	Différence relative de mobilité théorique.	expérimentale.
$^{+}Na, H_2O$..........	H_2O m = 18	0,007	0,003
^{+}Na...............	$NO_3Na - NO_3K$ m = 60	0,020	0,010

L'amélioration par rapport à une simple expression en $1/\sqrt{M}$ est notable. Cependant, la différence avec les résultats expérimentaux montre que le mécanisme réel de la migration est certainement plus complexe. Il pourrait faire intervenir, comme l'a suggéré A. Klemm ([6]), la superposition d'une mobilité « induite » non sélective à la mobilité « spontanée » spécifique de chaque isotope.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Analyse des matières grasses végétales par absorption infrarouge*. Note de M. **Alain Berton**, présentée par M. Paul Lebeau.

L'analyse des matières grasses végétales par absorption infrarouge est encore à ses débuts, tout au moins en France, malgré un nombre assez important d'études qui lui ont été consacrées à l'étranger et dont on trouvera la revue détaillée dans un mémoire de M. Jean Lecomte ([1]). Nous signalerons plus particulièrement les travaux américains ([2]).

Les possibilités d'emploi, dans ce domaine, d'un photomètre simple de notre construction ([3]), nous ont fait étudier les spectres infrarouges, entre 2 et 15 μ, de toute une série d'huiles et de graisses végétales.

Les matières grasses d'origine végétale, qui sont constituées par les triglicérides d'un petit nombre d'acides gras, présentent des spectres très voisins, tout au moins à l'état liquide. Il faut que les acides soient plus complexes pour observer des différences marquées, comme c'est le cas de l'acide linolénique dans l'huile de lin, de l'acide éléostéarique dans l'huile de bois de Chine, de l'acide ricinoléique, de l'acide licanique dans l'huile d'oiticica, de l'acide isanique dans l'huile d'isano.

Ainsi, *l'huile de lin* se caractérise principalement par deux bandes d'absorption à 10,35 et 11,5 μ, plus ou moins intenses suivant l'origine de l'échantillon examiné. On relie la première à l'existence des liaisons éthylé-

---

([6]) *J. Chim. Phys.*, 49, 1952, p. C 18.

([1]) *Oléagineux*, 5, 1950, p. 652; 6, 1951, p. 72; *voir* aussi J. Barcelo et J. Belamato, *An. Reales. Soc. Esp. Fisica e Quimica*, B 49, 1953, p. 557.

([2]) Parus surtout depuis 1950 dans : *The Journal of the American Oil Chemists' Society*.

([3]) A. Berton, *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 477; *Mémoires du XVIIe Congrès du G. A. M. S.*, 1954, p. 413.

niques sous une des formes « trans » de l'acide linolénique (4). Nous avons observé que la polymérisation à chaud, en atmosphère inerte ou sous vide (standolisation), fait apparaître avec une grande intensité cette bande, quelle que soit l'huile originale. La forme « trans » paraît donc jouer un rôle important dans la polymérisation (5).

En outre, nous avons remarqué des diminutions continues dans l'intensité de certaines bandes faibles (9,1 et 10,15 μ) en fonction du degré de polymérisation.

L'huile de bois de Chine se caractérise également par une bande à 10,40 μ et une autre plus intense à 10,10 μ que l'on retrouve, toutes deux, dans *l'huile d'oiticica*, celle-ci se différenciant des autres huiles par une bande à 7,1 μ.

Dans le cas de *l'huile d'isano*, nous avons observé principalement une bande intense à 11 μ et une autre étroite à 4,4 μ caractéristique de la liaison acétylénique. En outre, la bande étroite à 6,1 μ, propre à la liaison éthylénique, est beaucoup plus intense que pour toutes les autres huiles.

Enfin, on sait que *l'huile de ricin* se différencie par sa bande OH « lié », très intense, à 3 μ, et une autre large et intense à 11,7 μ. Par déshydratation, ces deux bandes disparaissent et on assiste à l'apparition de deux bandes fortes à 10,2 et 10,35 μ.

Les autres huiles et matières grasses, dont les spectres sont très voisins, se différencient néanmoins par des variations dans l'intensité ou la forme des bandes, peu intenses, mais très nettes, que nous avons observées entre 7 et 7,2 μ et entre 8,8 et 9,2 μ et qui permettent de classer ces substances suivant leurs groupes habituels.

Nous avons observé également des différences entre 9,5 et 13 μ que nous pensons rendre plus nettes par examen des échantillons à l'état solide (6).

Indiquons enfin que l'oxydation de toutes les matières grasses fait apparaître la bande OH à 2,9 μ, dont l'intensité est fonction du degré d'oxydation.

En résumé, les spectres d'absorption infrarouges, entre 2 et 15 μ, permettent de procéder à l'analyse qualitative rapide de certaines matières grasses d'origine végétale et à l'étude de leurs réactions. L'analyse quantitative n'est possible que pour celles qui présentent des bandes très intenses et bien différenciées dans des mélanges. Par contre, le dosage des groupes OH est applicable dans tous les cas.

Celui-ci peut d'ailleurs être effectué par notre photomètre simple, non

---

(4) N. H. E. Ahlers, R. A. Brett et N. G. Mc Taggart, *J. Appl. Chem.*, 3, 1953, p. 433.

(5) E. V. Rouir et H. G. Dietz, *XXVII*e *Congrès Internat. Chim. Ind.*, Bruxelles, 11-20 septembre 1954.

(6) Suivant la technique de G. Rigaux, *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 63 et 783.

dispersif, qui se révèle ainsi comme des plus intéressants dans le contrôle des matières grasses (contrôle d'oxydation, de rancidité, d'hydratation, de déshydratation, d'hydrogénation, d'estérification, dosage des di- et monoglycérides, contrôle de fabrication des matières plastiques, etc.).

CHIMIE PHYSIQUE. — *Transformation d'un sel cobalteux en cobaltammine.*

Note de Mlle **Yvette Wormser**, présentée par M. Paul Pascal.

Étude de la formation d'une cobaltammine, le chlorure d'aquopentammine, par oxydation par H_2O_2 d'une solution ammoniacale de Cl_2Co. Une interprétation de la cinétique de l'oxydation du sel, et de la décomposition de H_2O_2, par l'action de radicaux libres, rend compte des résultats obtenus.

L'étude du mécanisme de formation d'un complexe parfait à partir d'un sel simple a été entreprise dans ce travail; la réaction choisie est la formation d'une cobaltammine par oxydation d'une solution ammoniacale de Cl_2Co en présence de $ClNH_4$. En utilisant comme oxydant l'eau oxygénée et en se plaçant dans des conditions de concentration appropriées, on constate qu'une cobaltammine déterminée, le chlorure d'aquopentammine $Cl_3\left[Co\begin{smallmatrix}(NH_3)_5\\H_2O\end{smallmatrix}\right]$ se forme à l'état pur dans la solution, cette réaction étant accompagnée d'une décomposition « catalytique » de H_2O_2.

Une étude cinétique de cette transformation a été faite, en suivant l'évolution de la solution à la fois par mesure du volume d'oxygène dégagé en fonction du temps, et par un dosage chimique du complexe cobaltique formé.

On constate que la vitesse de la réaction d'oxydation ne peut pas s'interpréter en fonction des concentrations en Co^{++} et en H_2O_2 par une loi cinétique simple; la décomposition de H_2O_2 est liée au processus de l'oxydation, et il est nécessaire d'étudier en même temps sa cinétique.

On peut ramener par le calcul le volume d'oxygène dégagé pendant l'unité de temps au volume qui aurait été dégagé dans les mêmes conditions pour une concentration en H_2O_2 constante, choisie arbitrairement; l'expérience montre en effet que le volume dégagé est, toutes choses égales, proportionnel à la concentration en H_2O_2 en solution. C'est le résultat de ce calcul que nous appellerons ici *vitesse de décomposition de* H_2O_2.

La vitesse de décomposition de H_2O_2 est très grande au début de la réaction, puis elle décroît, et devient constante jusqu'à décomposition à peu près totale de H_2O_2 restant en solution.

Quand la concentration en Co^{++} croît, la vitesse de formation du complexe croît; la vitesse initiale de décomposition de H_2O_2 croît, et la vitesse ultérieure décroît.

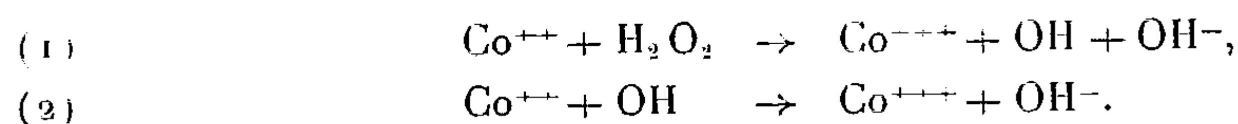
Quand la concentration en H_2O_2 croît, la vitesse de formation du complexe

croît d'abord, puis tend vers une limite pour les plus fortes concentrations en H_2O_2 ; la vitesse initiale de la décomposition de H_2O_2 croît avec la concentration en H_2O_2 ; la vitesse ultérieure croît, et tend vers une limite pour les plus fortes concentrations en H_2O_2, concentrations pour lesquelles la vitesse de formation du complexe a aussi atteint sa limite.

Les différences entre l'allure de la vitesse initiale et de la vitesse ultérieure peuvent s'attribuer à l'action du complexe formé; une étude de l'action de ce composé ajouté dès le début de la réaction montre en effet qu'il abaisse la vitesse initiale d'oxydation de Co^{++}, et qu'il donne lieu à un accroissement de la vitesse initiale de décomposition de H_2O_2, qui devient alors supérieure à la somme des vitesses de décomposition de H_2O_2 dans des solutions [dans NH_3 de même concentration (¹)] de Co^{++} et de sel cobaltique seuls; quant à la vitesse ultérieure, elle devient égale à la somme de ces deux vitesses.

On peut interpréter ces résultats par la formation de radicaux libres, en s'inspirant de l'étude de l'oxydation de Fe^{++} par H_2O_2 faite par Haber et Weiss et par Barb, Baxendale et coll. (²).

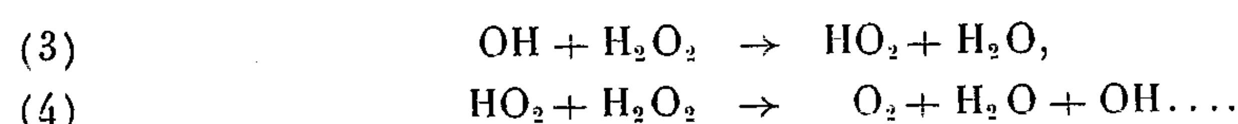
L'oxydation de Co^{++} sera due à



(1) $$Co^{++} + H_2O_2 \rightarrow Co^{+++} + OH + OH^-,$$

(2) $$Co^{++} + OH \rightarrow Co^{+++} + OH^-.$$

Le dégagement d'oxygène pourra s'attribuer à la chaîne de réactions :

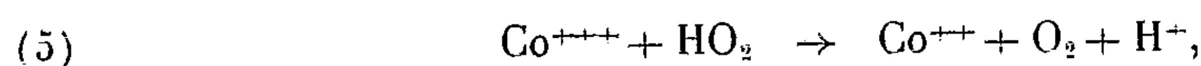


(3) $$OH + H_2O_2 \rightarrow HO_2 + H_2O,$$

(4) $$HO_2 + H_2O_2 \rightarrow O_2 + H_2O + OH\ldots.$$

Il est amorcé par les radicaux OH produits par (1).

La diminution de la vitesse d'oxydation s'interprétera par la réaction



(5) $$Co^{+++} + HO_2 \rightarrow Co^{++} + O_2 + H^+,$$

ce qui explique l'action retardatrice de Co^{+++} formé par la réaction ou du complexe ajouté au début sur la vitesse d'oxydation. Cette réaction peut expliquer aussi que la production d'oxygène soit augmentée quand on ajoute le complexe à la solution, alors qu'une même quantité du complexe seul ne

---

(¹) On observe sous l'action de NH_3 une décomposition catalytique de H_2O_2; cette décomposition paraît un peu accélérée en présence du complexe colbatique (alors que ni Co^{++}, ni le complexe en solution en l'absence d'ammoniaque ne donnent lieu à une décomposition sensible). La vitesse de cette décomposition est constante, et très faible à côté des vitesses observées en présence de Co^{++}, ce qui doit pouvoir s'interpréter par un mécanisme catalytique proprement dit, c'est-à-dire sans transformation chimique corrélative du catalyseur, ou, dans le cas où le « catalyseur » est en grand excès (solutions de NH_3 employées) quand la variation de sa concentration peut être négligée.

(²) Haber et Weiss, *Proc. Roy. Soc.*, A 147, 1934, p. 333; Barb, Baxendale, George et Hargrave, *Trans. Faraday Soc.*, 47, 1951, p. 462.

produit pas un tel dégagement d'oxygène, faute d'une formation de radicaux en quantité équivalente.

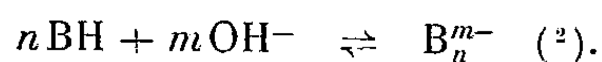
La formule Co^{+++} représente ici soit le complexe cobaltique formé, soit un composé transitoire instable, dont on peut envisager la présence par analogie avec les résultats obtenus (dans une étude en cours) soit pour de faibles concentrations en H_2O_2, soit par oxydation par un courant d'air : le complexe cobaltique ne paraît se former dans ces conditions qu'aux dépens d'un composé brun produit intermédiairement, composé qui en milieu acide se décompose en sel cobalteux avec dégagement d'oxygène.

Une étude quantitative doit permettre de contrôler la valeur de cette interprétation de la réaction.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Contribution à l'étude potentiométrique des équilibres complexes. II. Les borates.* Note (*) de M. **Jean Lefebvre**, présentée par M. Georges Chaudron.

Appliquant la méthode de la surface potentiométrique [1], on démontre (en donnant les constantes de stabilité), la coexistence en solution des ions : métaborate BO_2^-, diborate $B_2O_4H^-$, tétraborate neutre $B_4O_7^{--}$ (dimère du précédent), et tétraborate acide $B_4O_7H^-$.

Lorsque l'on alcalinise une solution d'acide borique (notation simplifiée : BH), il se forme des ions simples (notés B^-) et condensés suivant des réactions du type :



$$n\,BH + m\,OH^- \rightleftharpoons B_n^{m-} \quad (^2).$$

Les formules générales, précédemment démontrées [1], appliquées entre $x=0$, où l'état du système est bien connu (par exemple 1 mole BH dans le volume V), et un point courant x (x, nombre de moles de base forte ajoutées par mole d'acide de départ), permettent de connaître à tout moment (BH) et N :

$$(1) \qquad N = 1 - \frac{\partial S_{0,x}}{\partial \log V} \quad (^3),$$

$$(2) \qquad \log V\,(BH) = S_{0,x} - x.\mathrm{pH} - 0{,}43\,\frac{\partial S_{0,x}}{\partial \log V}.$$

Tout d'abord nous avons trouvé que la surface $S_{0,1}$ comprise entre $x=0$ et $x=1$ a une valeur constante indépendante de la dilution : soit 8,53 à 29° et en présence de ClNa 2M. Donc, d'après (1), $N_1 = 1$: la condensation en $x=1$ (sel B^-Na^+) est bien la même qu'en $x=0$, en accord avec les mesures cryo-

(*) Séance du 24 octobre 1955.

(1) *Comptes rendus*, 241, 1955, p. 1037.

(2) Aux molécules d'eau près, et en écrivant pour simplifier B_n^{m-} au lieu de $(B_nH_{n-m})^{m-}$.

(3) La dérivée doit être changée de signe dans le système d'axes $\mathrm{pH} = f(x$ moles de base forte), car dans l'eau, on a : $d\mathrm{pH} = -\,dp(OH)$.

scopiques, qui indiquent un point de congélation normal des solutions d'acide borique et de métaborate ([4]).

Cette valeur constante de $S_{0,1}$ nous permet de calculer immédiatement la constante de dissociation

(3) $$k_1 = \frac{(B^-)(H^+)}{(BH)};$$

en effet cette dernière relation, associée à (2) dans laquelle nous avons fait $x = 1$ et $(\partial S/\partial \log V) = 0$, donne

$$S_{0,1} = \log V (B^-)_1 + pk_1.$$

L'hydrolyse de B^-Na^+ étant négligeable, $(B^-)_1 = 1/V$, d'où

$$S_{0,1} = pk_1 = 8,53.$$

Nous avons généralisé cette relation aux polyacides.

Nous allons maintenant envisager l'étude des équilibres complexes entre $x = 0$ et $x = 1$. Puisqu'en tout point courant x, (1) et (2) donnent N et (BH), et que (B^-) est connu à partir de (3), on peut connaître à tout moment $\Sigma(B_n^{m-})$ et $\Sigma m(B_n^{m-})$

(4) $$\Sigma(B_n^{m-}) = \frac{N}{V} - (BH) - (B^-),$$

(5) $$\Sigma m(B_n^{m-}) = \frac{x}{V} - (B^-),$$

(H^+) et (OH^-) étant négligeables par rapport aux autres concentrations.

Si l'on étudie le rapport $\Sigma m(B_n^{m-})/\Sigma(B_n^{m-})$, on trouve qu'il est toujours compris entre 1 et 2, quels que soient x et V; il est donc fort probable qu'il ne se forme que des ions mono ($m = 1$) et divalents ($m = 2$). La somme $\Sigma(B_n^-)$ et la somme $\Sigma(B_n^{--})$ des ions mono et divalents constituent donc deux inconnues que l'on peut tirer de (4) et (5).

Pour achever d'élucider la nature des équilibres complexes, il ne reste plus qu'à étudier la nature des relations fournies par l'application de la loi d'action de masses à chacun des deux groupes ainsi séparés.

a. Pour l'ensemble des borates divalents ($m = 2$), on a

$$(H^+)^2\, \Sigma(B_n^{--}) = \Sigma k (BH)^n,$$

où toutes les concentrations sont connues à l'aide de mesures de pH [relations (1) à (5)]. Si on porte sur un graphique : $\log[(H^+)^2 . \Sigma(B_n^{--})]$ en fonction de $\log(BH)$ (*fig.* 1), on obtient sensiblement une droite de pente 4, preuve que l'ion divalent est unique et de condensation $n = 4$. De plus, l'ordonnée à l'origine nous donne pour la constante d'équilibre $pk_4 = 14,1$.

([4]) Mme Lourijsen-Teyssèdre, *Bull. Soc. Chim. Fr.*, 1955, p. 1111.

b. Utilisant la même méthode pour la série monovalente ($m = 1$)

(6) $$(H^+)\Sigma(B_n^-) = \Sigma k(BH)^n,$$

on obtient dans la représentation logarithmique des points s'écartant manifestement de la linéarité, ce qui indique l'existence de plusieurs complexes. Comme le métaborate a déjà été considéré, le coefficient n est au moins égal à 2 et l'on a intérêt à diviser les deux membres de (6) par $(BH)^2$. La fonction $F_1(BH) = [(H^+)\Sigma(B_n^-)]/(BH)^2$ (*fig.* 2), tend vers une limite non nulle lorsque $BH \to 0$, ce qui implique l'existence du diborate B_2^-, de constante $k_2 = 1 . 10^{-8}$ (sinon elle passerait par l'origine).

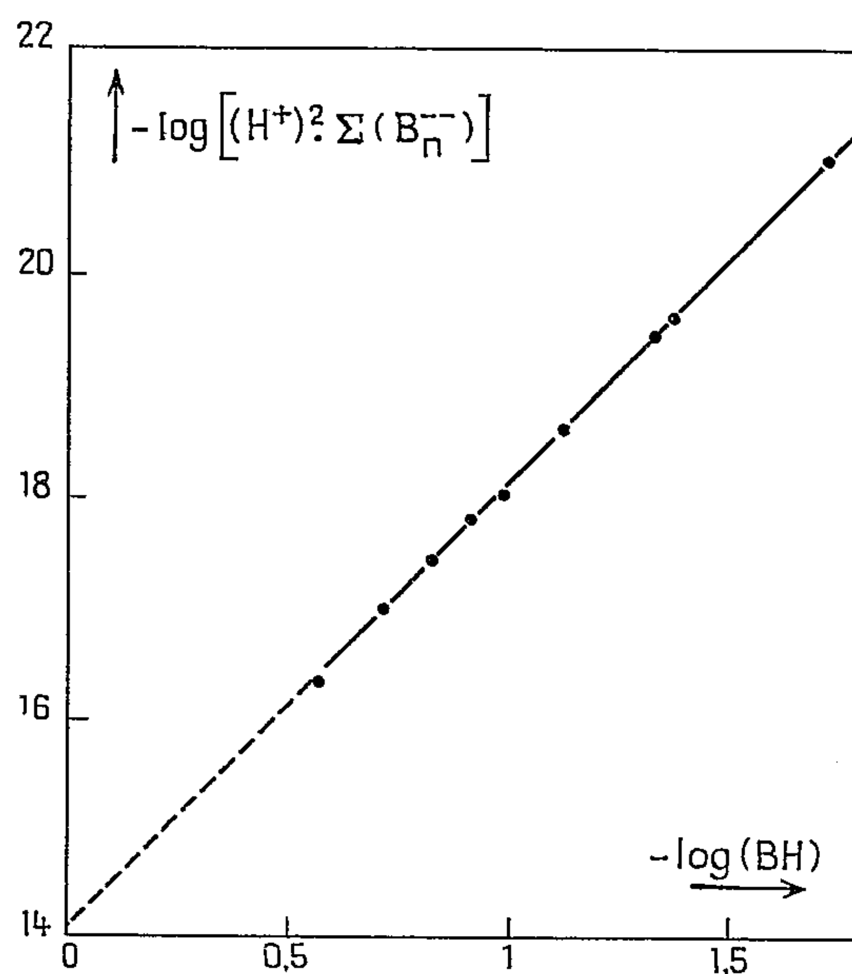


Fig. 1.

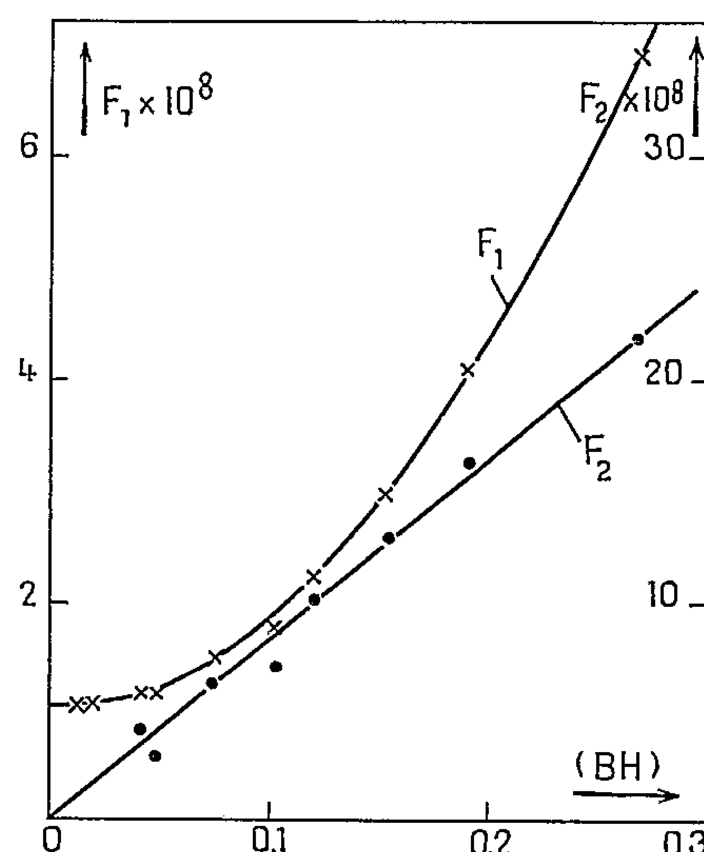


Fig. 2.

Si on étudie ensuite $F_2(BH) = [F_1(BH) - k_2]/(BH)$ en fonction de (BH), on obtient sensiblement une droite passant par l'origine (*fig.* 2). ce qui prouve :

1° qu'il n'existe pas de terme tricondensé ($k_3 = 0$);

2° que le tétraborate acide termine la série des borates monovalents (k'_4 = pente de la droite $= 83 . 10^{-8}$).

On a mis ainsi en évidence, en plus naturellement de l'ion BO_2^- :

a. l'ion correspondant au borax, qui peut exister sous forme $B_4O_7^{--}$ ou sous forme deux fois moins condensée $HB_2O_4^-$



$$2HB_2O_4^- \rightleftharpoons B_4O_7^{--} + H_2O,$$

alors que jusqu'ici les auteurs ([5]) optaient pour l'une ou l'autre seulement de ces formes.

b. l'ion tétraborique acide $B_4O_7H^-$ ($n = 4$, $m = 1$) alors que d'autres

travaux ([4]) préconisent la structure $B_5O_8^-$ ($n = 5$, $m = 1$), plus en conformité avec l'existence des pentaborates solides. Ces deux conclusions sont en fait voisines, et leur désaccord provient de l'erreur faite sur les mesures potentiométriques, surtout lorsque n est élevé et qu'il existe un grand nombre d'ions en équilibre.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la différence des solubilités dans le niobium, de l'hydrogène à l'état atomique ou moléculaire.* Note de MM. **Vladimir M. Vukanović**, **Vukica M. Milutinović** et **Stjepan S. Malcić**, présentée par M. Charles Mauguin.

A l'aide de la diffraction des rayons X, on montre que la solubilité de l'hydrogène atomique dans le niobium est plus grande que si le gaz est à l'état moléculaire.

La solubilité d'un gaz, semble-t-il, dépend de son état : atomes isolés ou molécules; cependant, aucun travail n'a été jusqu'ici publié sur cette question pour un système gaz-métal. Nous avons tenté de mettre en évidence ce phénomène dans le cas de la dissolution de l'hydrogène dans le niobium.

Si l'on admet que la dissolution du gaz dans le métal est précédée de sa dissociation en atomes, il faut fournir à chaque molécule passant en solution, l'énergie d'activation de dissociation E_A. Si n est le nombre de molécules par centimètre cube au voisinage de la surface du métal, il y aura seulement n' molécules par centimètre cube susceptibles d'entrer en solution : celles dont l'énergie est plus grande que E_A et dont le nombre est donné par la formule de Maxwell-Boltzmann :

$$n' = n\, e^{-\frac{E_A}{kT}}.$$

Si le gaz est enrichi en atomes libres, le nombre d'atomes susceptibles d'entrer en dissolution se trouvera augmenté, ainsi que la solubilité.

La dissolution de l'hydrogène dans le niobium s'accompagne d'une dilatation du réseau et même d'un changement de réseau pour des concentrations élevées. Nous avons opéré dans des conditions où les solubilités sont assez faibles pour que le réseau ne soit pas modifié et sa dilatation nous a fourni le moyen de mesurer la concentration des atomes d'hydrogène dissous dans le métal.

Détails expérimentaux. — L'hydrogène est obtenu par électrolyse et purifié par diffusion à travers un tube capillaire chauffé, en palladium. L'hydrogène passe ensuite dans un tube à décharge où il est dissocié avant d'arriver sur le métal qui a été au préalable dégazé. La dissociation a été limitée à 15 à 20 % du nombre total des molécules; au-delà, il y a changement de réseau du niobium.

([6]) Carpéni et Souchay, *J. Chim. Phys.*, 42, 1945, p. 149.

Chaque expérience portait sur environ 10 mg de niobium (« Fairmount » Newark) en grains de 0,02 mm. La pression du gaz était maintenue à 0,066 mm Hg et le contact durait 2 h.

Les paramètres du réseau ont été mesurés par la méthode Debye-Scherrer en utilisant le rayonnement K_α du cuivre non filtré. Pour le niobium pur, le paramètre de la maille est $a = 3{,}296$ Å.

Deux séries d'essais ont été effectuées, l'une sans faire fonctionner le tube à décharge (hydrogène moléculaire); on a obtenu dans ce cas les valeurs suivantes du paramètre :

$3{,}300_4$ $3{,}303_7$ $3{,}300_7$ $3{,}300_6$ $3{,}302_8$ $3{,}299_0$ $3{,}298_4$ $3{,}300_0$ $3{,}299_1$ $3{,}300_5$

Valeur moyenne : $3{,}300_6 \pm 0{,}001_6$.

L'autre en le faisant fonctionner (hydrogène atomique), et les valeurs suivantes du paramètre ont été obtenues :

$3{,}308_6$ $3{,}304_0$ $3{,}308_8$ $3{,}306_5$ $3{,}307_0$ $3{,}304_5$ $3{,}309_4$ $3{,}304_0$ $3{,}304_0$ $3{,}307_0$

Valeur moyenne : $3{,}306_4 \pm 0{,}002_0$.

Ces résultats font ressortir d'une façon certaine la plus grande solubilité de l'hydrogène lorsqu'il se trouve à l'état atomique.

Nous pensons que des expériences de ce genre peuvent aider à mieux comprendre le mécanisme de la dissolution des gaz dans les métaux.

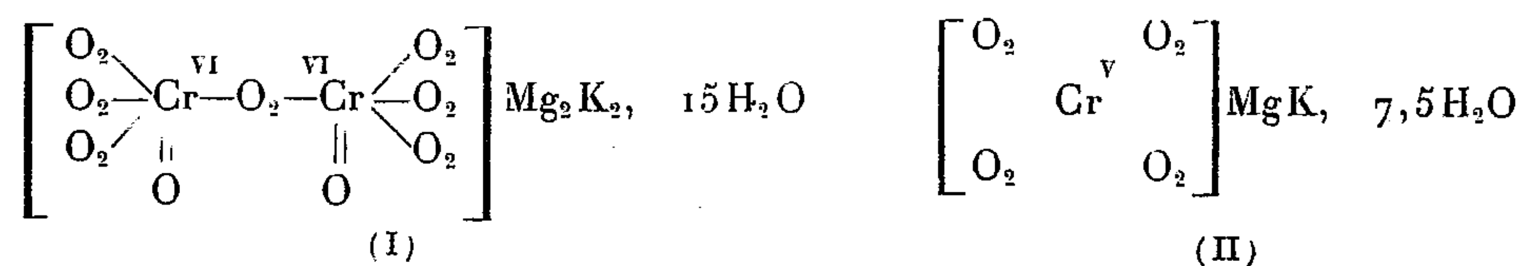
MAGNÉTOCHIMIE. — *Susceptibilité magnétique des perchromates rouges de magnésium et potassium.* Note de MM. **Benito Rodriguez Rios** et **Jean Hoarau**, présentée par M. Paul Pascal.

J. Beltrán, B. Rodriguez et F. Brito [1] ont préparé un perchromate rouge de magnésium et potassium, pour lequel ils ont déterminé les rapports suivants :

$$\frac{O_p}{Cr} = \frac{3{,}48}{1}; \quad \frac{Mg}{Cr} = \frac{1{,}03}{1}; \quad \frac{K}{Cr} = \frac{0{,}97}{1}; \quad \frac{H_2O}{Cr} = \frac{7{,}55}{1}$$

(O_p étant l'oxygène dégagé par chauffage du sel solide).

Ce produit peut donc être représenté par la formule brute CrO_8KMg, $7{,}5\,H_2O$ et dérive de l'acide de Riesenfeld CrO_8H_3. Il est possible *a priori* de lui attribuer une des deux formules suivantes :



([1]) *Anales Soc. Esp. Fis. Quim.*, 49 (B), 1953, p. 681.

La formule (I), où le chrome a la valence VI (valence du chrome dans les chromates), expliquerait de façon satisfaisante la présence de 3,5 atomes d'oxygène peroxydique par atome de chrome libérables sous l'action de la chaleur.

La formule (II), par contre, conduit à un atome de chrome pentavalent. Bien que la valence V du chrome soit assez rare, il semble que l'on doive attribuer aux perchromates rouges alcalins une formule semblable à (II), comme l'ont montré les travaux de Riesenfeld ([2]) sur la conductivité et les points de solidification des solutions, et ceux de Boehm ([3]) et de Wilson ([4]), sur l'isomorphisme de ces produits avec les perniobiates et les pertantalates alcalins.

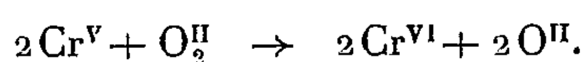
La mesure de la susceptibilité magnétique permet également de décider entre ces deux formules, car le chrome hexavalent est diamagnétique, alors que le chrome pentavalent, qui possède un électron non apparié dans la couche $3d$, est paramagnétique.

Nous avons préparé à nouveau le perchromate rouge de potassium CrO_8K_3 et mesuré sa susceptibilité magnétique. Le résultat obtenu est en bon accord avec les déterminations précédentes de Tjabbes ([5]) et de Klemm et Werth ([6]) et correspond effectivement à la présence d'un électron non apparié.

On pouvait se demander si le perchromate rouge de magnésium et potassium préparé par Beltrán, Rodriguez et Brito possédait bien le même anion complexe. La susceptibilité magnétique que nous avons mesurée conduit à un résultat très voisin de celui obtenu pour le sel de potassium, et montre également l'existence d'un électron non apparié.

Il faut donc attribuer à ce composé la formule (II), avec un atome de chrome pentavalent et quatre atomes d'oxygène peroxydique par atome de chrome.

Le dégagement des 3,5 atomes d'oxygène lors du chauffage, peut s'expliquer ([1]) si l'on admet que le passage du chrome à l'état hexavalent, pour former le chromate de potassium, est produit par l'action de l'oxygène peroxydique :



$$2Cr^{V} + O_2^{II} \rightarrow 2Cr^{VI} + 2O^{II}.$$

Cet oxygène ne se dégage pas, si bien que sur huit groupes —O—O— peroxydiques, sept atomes d'oxygène seulement sont libérés sous l'action de la chaleur.

Mesures des susceptibilités magnétiques. — Elles ont été effectuées sur une balance de Weiss-Foex-Forrer ([7]). Les résultats sont rassemblés dans le tableau

---

([2]) *Ber.*, 41, 1908, p. 3941.

([3]) *Z. Kristallogr.*, 63, 1926, p. 319.

([4]) *Arkiv. Kemi. Mineral. Geol.*, 15B, N° 5, 1941.

([5]) *Z. anorg. Chem.*, 210, 1933, p. 385.

([6]) *Z. anorg. Chem.*, 216, 1933, p. 127.

([7]) Pacault, Vankerckhoven, Hoarau et Dubien, *J. Chim. Phys.*, 49, 1952, p. 470.

suivant donnant la formule brute, la température, la susceptibilité spécifique χ_S et la susceptibilité moléculaire χ_M.

	T°.	$\chi_S . 10^6$.	$\chi_M . 10^6$.
CrO_8K_3	290° K	4,26	1 266
$CrO_8KMg, 7,5H_2O$	290° K	2,93	1 109

Le nombre de magnétons de Bohr n'a pas été calculé, car il est difficile d'apprécier la correction diamagnétique de ces composés (les chromates, les bichromates et les perchromates bleus, dans lesquels le chrome est hexavalent, possèdent en effet une faible susceptibilité positive). On remarque néanmoins que les susceptibilités moléculaires obtenues sont voisines de $1280 . 10^{-6}$, valeur de la susceptibilité correspondant à un électron non apparié à 290°K.

La valeur plus faible observée pour le sel de magnésium et potassium s'explique par la présence des 7,5 mol d'eau de cristallisation, qui augmentent de $100 . 10^{-6}$ environ la correction diamagnétique.

MÉTALLOGRAPHIE. — *Étude pondérale de l'influence des impuretés sur la vitesse de diffusion dans les laitons α.* Note de M. **André Accary**, présentée par M. Georges Chaudron.

L'auteur, qui a utilisé une méthode d'évaporation du zinc, a étudié l'influence de l'antimoine, de l'arsenic, du phosphore, du silicium et de l'aluminium, sur la vitesse de diffusion dans les laitons α. Ces éléments étaient introduits dans les alliages à des teneurs de 0,005 à 0,5 atome %. Il se dégage de cette étude les rôles respectifs de la masse atomique, de la solubilité et de la valence de l'impureté.

Nous avons étudié l'influence, sur la diffusion dans les laitons α, des impuretés antimoine, arsenic, phosphore, silicium et aluminium, pour des teneurs en impuretés de l'ordre de 0,01 atome %.

Nous avons utilisé une méthode pondérale qui consiste à provoquer l'évaporation sous vide du zinc d'une éprouvette de laiton α maintenue à une température uniforme dans une enceinte, une zone de celle-ci étant à la température ambiante. La perte de poids Δm de l'unité de surface de l'éprouvette, pour une durée donnée d'évaporation, varie dans le même sens que la vitesse de diffusion et permet de la repérer. Dans toutes nos expériences, la durée est de 1 h.

Nous avons d'abord étudié l'influence de l'antimoine. La courbe (*fig.* 1) se rapporte à l'influence de cette impureté sur la diffusion dans un laiton 70/30 à 780° C. On constate que l'impureté est pratiquement sans effet à des teneurs inférieures à 0,005 atome %, elle augmente ensuite la vitesse de diffusion pour des teneurs supérieures, jusqu'à atteindre une vitesse limite pour les teneurs élevées.

La courbe (*fig.* 2) représente, pour différentes teneurs en zinc, les varia-

tions du rapport $\Delta m/\Delta m_0$ de la perte de poids d'un laiton contenant de l'antimoine à la perte de poids Δm_0, dans les mêmes conditions, d'un laiton pur de même teneur en zinc. Elle montre que l'antimoine, à faible

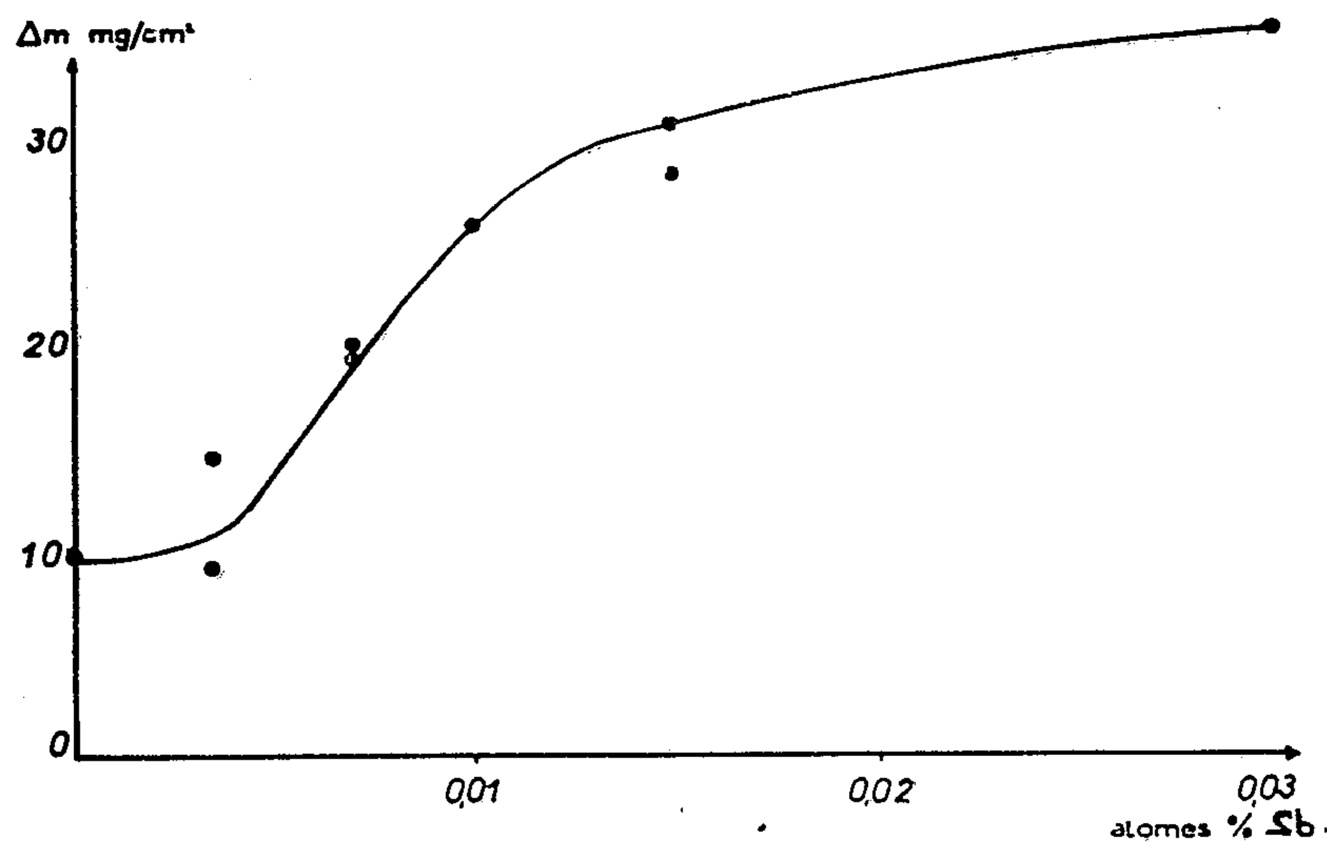


Fig. 1. — Variations de la perte de poids par évaporation sous vide du zinc d'un laiton 70/30. Influence de l'antimoine : 1 h, 780° C.

teneur, ne produit aucun effet notable dans des laitons contenant moins de 10 % de zinc. On constate d'autre part que, pour une teneur donnée en zinc, $\Delta m/\Delta m_0$ croît avec la teneur en antimoine.

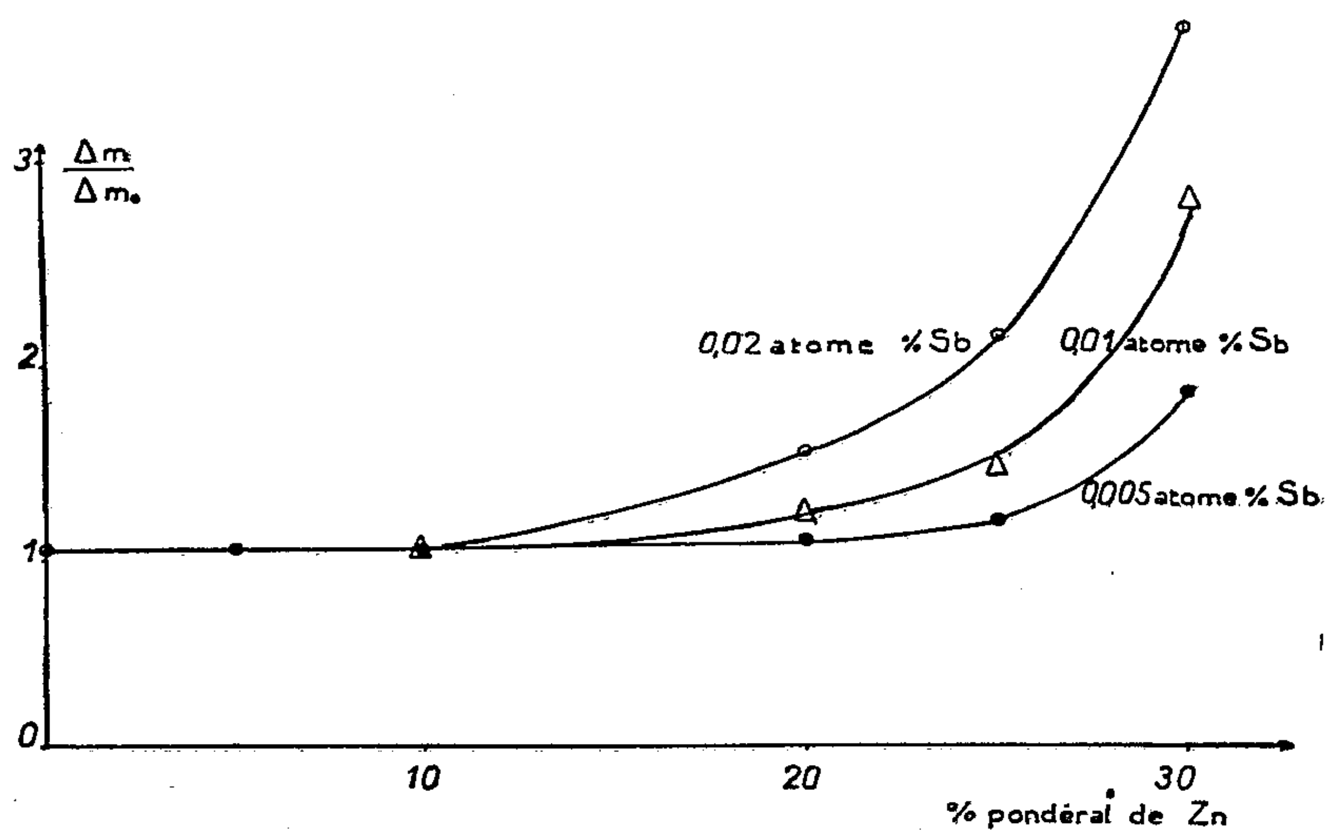


Fig. 2. — Influence de la teneur en antimoine du laiton en fonction de la teneur en zinc : 1 h, 780° C.

Afin de préciser le rôle de la grosseur de l'atome d'impureté, nous avons alors étudié l'influence sur la diffusion de l'arsenic et du phosphore, tous

deux pentavalents comme l'antimoine. Nos résultats sont résumés par la courbe (*fig.* 3), qui représente les pertes de poids Δm à 780° C en fonction

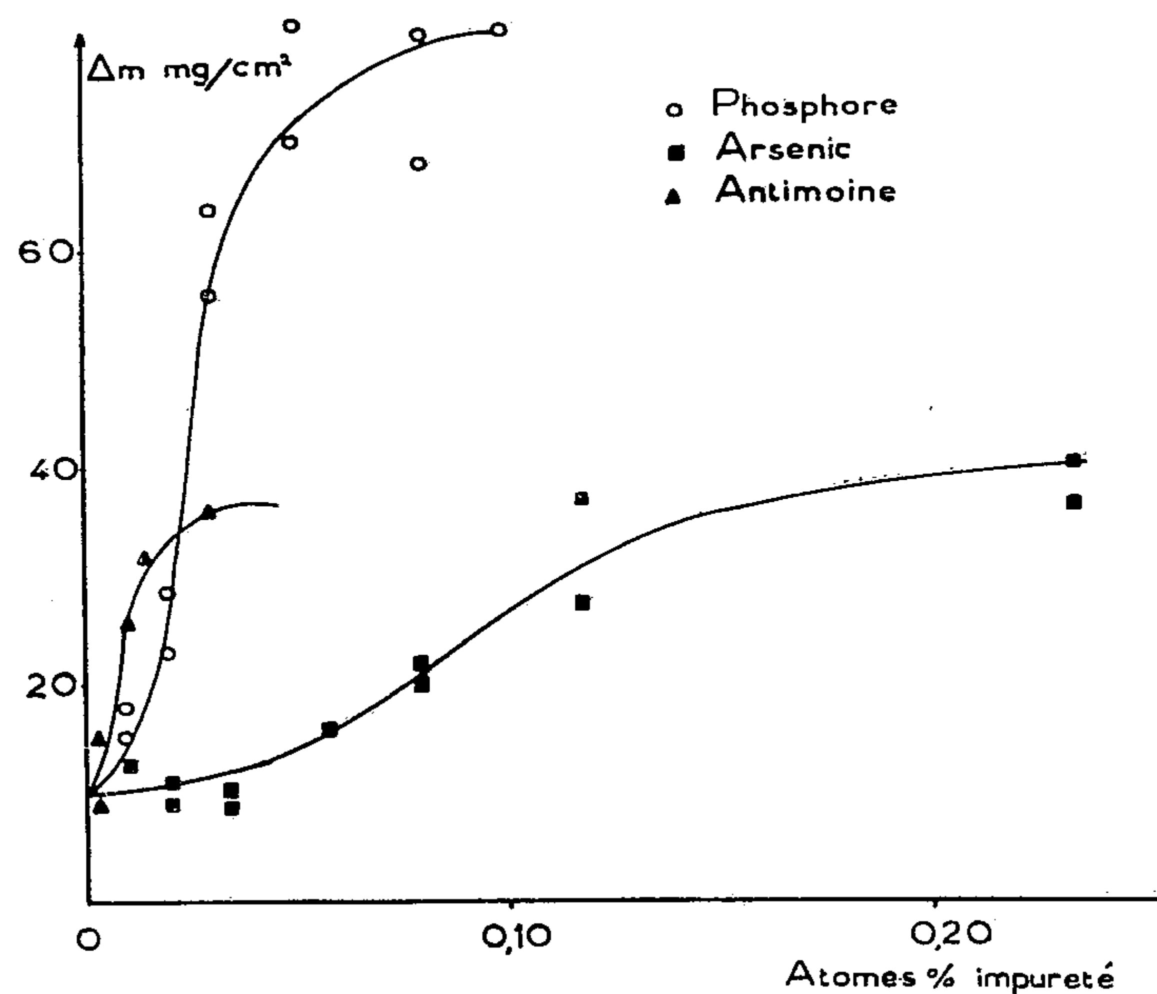


Fig. 3. — Variations de la perte de zinc en 1 h à 780° C en fonction de la teneur en impuretés.

de la teneur en additions. On constate que pour les faibles teneurs les pertes de poids pour une même teneur en impureté croissent dans l'ordre : arsenic, phosphore, antimoine.

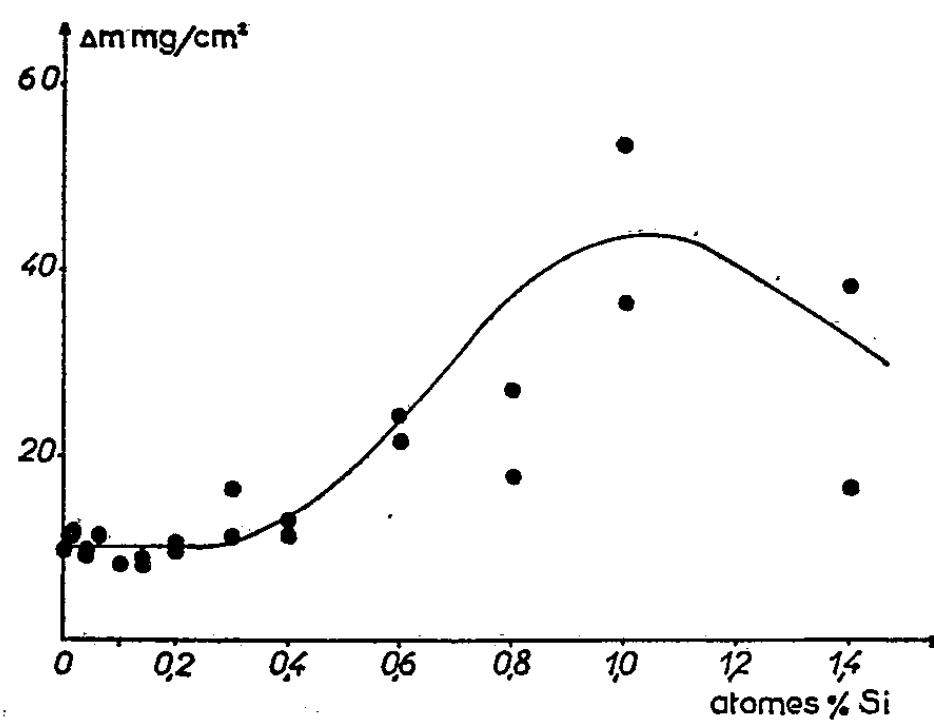


Fig. 4. — Influence du silicium sur la perte de poids par évaporation sous vide du zinc d'un laiton 70/30 : 1 h, 780° C.

D'autre part, on voit que la valeur maximum de Δm qui correspond au palier est sensiblement la même pour l'arsenic et l'antimoine. Pour le

phosphore, la valeur maximum de Δm est double de celle qui a été constaté dans le cas de l'arsenic ou de l'antimoine.

Remarquons que les valeurs maximum de Δm se classent approximativement dans l'ordre inverse des solubilités des impuretés dans le cuivre (et probablement dans le laiton).

Afin de déterminer le rôle que peut jouer la valence de l'impureté dans son influence sur la vitesse de diffusion, nous avons étudié les rôles des additions de silicium et d'aluminium. Le silicium (courbe, *fig.* 4) ne produit d'effet notable dans un laiton 70/30, seulement pour des teneurs supérieures à environ 0,4 atome %. L'aluminium ne modifie pas sensiblement la vitesse de diffusion, pour une addition voisine de 2 atomes %.

Ces derniers résultats montrent que la valence d'un élément d'addition influe sur la vitesse de diffusion dans un laiton.

En conclusion, nous pouvons dire que des traces d'impuretés peuvent augmenter considérablement la vitesse de diffusion dans les laitons α.

MÉTALLOGRAPHIE. — *Influence des traces d'impuretés sur la polygonisation de l'aluminium.* Note de M. **Jean Montuelle**, présentée par M. Georges Chaudron.

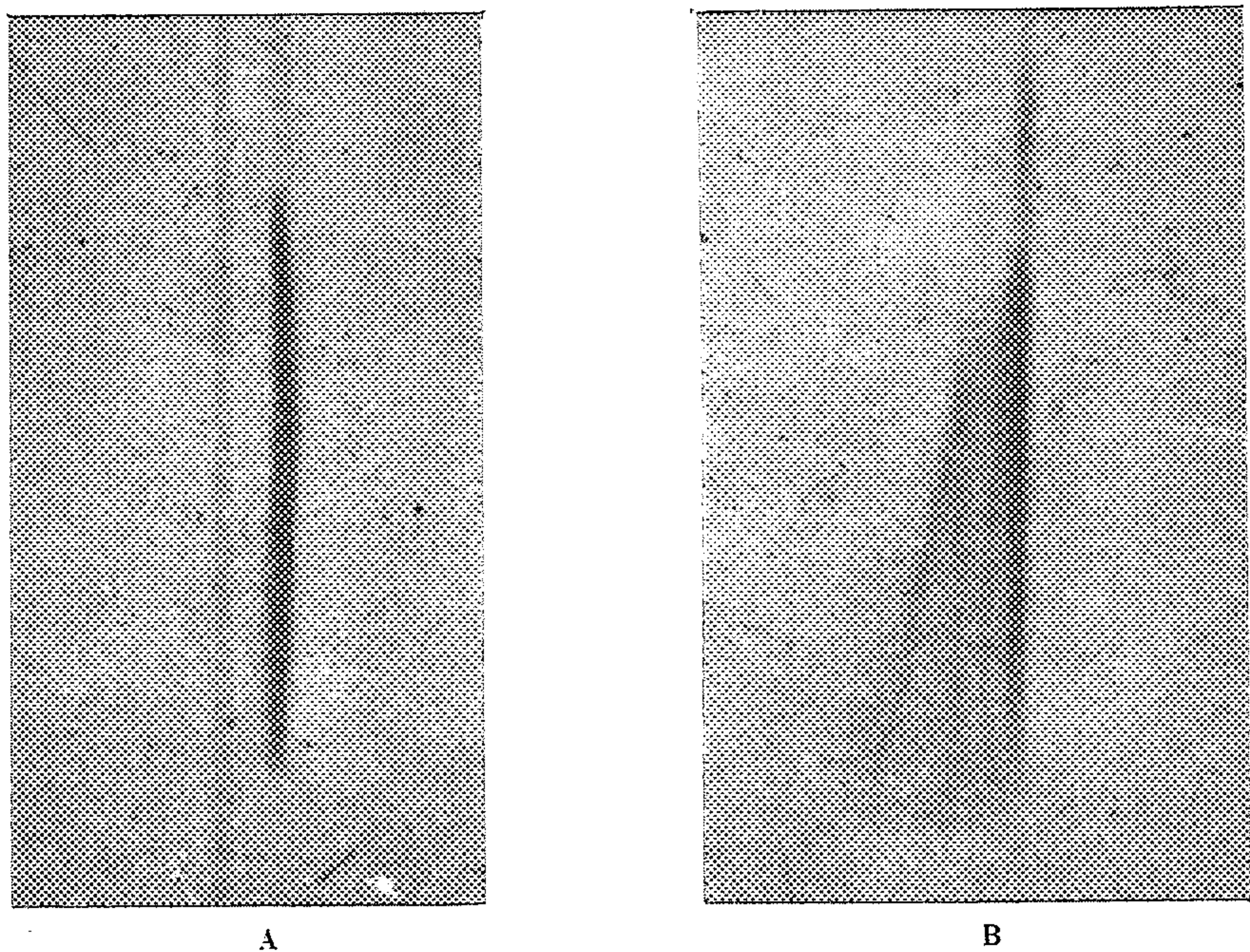
Au-dessous d'une certaine teneur en impuretés, on observe l'apparition du phénomène de polygonisation, lorsqu'on recuit un échantillon d'aluminium dans les conditions précisées. Il était intéressant d'envisager le rôle d'une impureté comme le sodium que l'on peut éliminer facilement.

Dans une Note précédente (1) nous avons montré que l'écrouissage critique appliqué à l'aluminium raffiné de titre supérieur à 99,95 % et suivi d'un recuit dans un four à translation donnait des cristaux présentant la sous-structure caractéristique de la polygonisation.

Nous pensons que les tensions dues au gradient thermique existant le long de l'éprouvette associées au recuit à température élevée, provoquent l'apparition de la polygonisation. Pour vérifier le mécanisme de ce phénomène nous avons préparé des cristaux uniques d'aluminium raffiné par la méthode classique faisant intervenir un écrouissage critique suivi d'un recuit à 630° C dans un four fixe et sans gradient thermique. Les cristaux ainsi obtenus ont une bonne perfection comme le montre la finesse d'une tache de Laue focalisée à grande distance par la méthode de A. Guinier et J. Tennevin (2) (*fig.* 1 *a*). Ces cristaux passent ensuite à la vitesse de 2 cm à l'heure dans un four à gradient thermique dont la température maximum est maintenue à 630° C. La tache de Laue relative à la même famille de

(1) J. Montuelle et G. Chaudron, *Comptes rendus*, 240, 1955, p. 1167.
(2) *Acta Cryst.*, 2, 1949, p. 133.

plans réticulaires que précédemment s'est élargie et présente une striation nette (*fig.* 1 *b*). Parallèlement, la micrographie révèle l'existence de joints intragranulaires.



A B

Nous avons alors étudié l'influence spécifique sur ce phénomène de certaines impuretés métalliques; celles-ci sont introduites, par l'intermédiaire d'alliages mères, à l'état de traces dans de l'aluminium raffiné de titre 99,990 %. Les dosages sont effectués par des méthodes microanalytiques (colorimétrie, activation à la pile). Nous avons préparé de cette façon des échantillons d'aluminium-sodium, d'aluminium-lithium, d'aluminium-fer, d'aluminium-manganèse dont la concentration en impureté est portée dans le tableau.

Impureté.	Concentration en p. p. m.	Concentration en atomes %.
Sodium	395	0,046
Lithium	400	0,15
Fer	350	0,017
Manganèse	450	0,022

Dans le cas de l'aluminium renfermant du sodium, un cristal unique ne présente plus les phénomènes de polygonisation quand on le soumet à un passage dans le four à gradient. La sous-structure n'apparaît qu'après un chauffage à 620° C prolongé pendant une dizaine de jours. Ce traitement thermique élimine en partie le sodium par diffusion dans la couche d'alumine et la concentration n'est plus que de 66 ppm. L'élimination du sodium a

permis le réarrangement des dislocations. Les dosages ont été effectués par activation à la pile ([3]).

De même l'aluminium renfermant du lithium ne polygonise qu'après un chauffage de 150 h à 630° C, alors qu'une partie du lithium a été éliminée.

Pour l'aluminium renfermant du fer, nous n'avons dans aucun cas observé l'apparition de la polygonisation, dans nos conditions expérimentales et même après un recuit supplémentaire de 10 jours à 620° C. Il s'ensuit qu'un tel matériau titrant cependant 99,95 % en aluminium, et pouvant être considéré comme un aluminium raffiné du point de vue de son titre conventionnel est susceptible de donner de très longs monocristaux par la méthode de l'écrouissage critique suivi d'un recuit dans le four à translation.

Enfin, après passage dans le four à gradient d'un cristal d'aluminium contenant du manganèse, on constate toujours l'apparition de la polygonisation. Le manganèse semble n'avoir, du moins pour la concentration étudiée, aucune action retardatrice sur le déplacement et le réarrangement des dislocations en joints intragranulaires. L'influence du fer et du manganèse, éléments voisins par leur numéro et leur masse atomiques, est donc très différente. Mais le fer, métal de transition, interviendrait dans l'alliage avec la valence 0, tandis que le manganèse posséderait une valence élevée.

CHIMIE GÉNÉRALE. — *Sur les variations de la concentration en peroxyde d'hydrogène dans les produits de combustion de mélanges de propane ou de méthane avec l'air aux basses pressions.* Note (*) de Mme **Nicole P. Prot**, MM. **Ralph Delbourgo** et **Paul Laffitte**, présentée par M. Paul Pascal.

La concentration en peroxyde d'hydrogène dans les produits condensés provenant des flammes de propane et d'air ou de méthane et d'air à la pression de 250 mm de mercure présente, lorsqu'on fait varier la concentration du mélange combustible, des variations ayant une relation avec la courbe délimitant le domaine d'inflammabilité aux basses pressions.

Lorsqu'ils sont enflammés électriquement dans des conditions expérimentales déterminées, les mélanges d'air avec certains hydrocarbures tels que le propane ont, aux basses pressions, un domaine d'inflammabilité limité par une courbe ayant un maximum encadré par deux minimums ([1]). Nous nous sommes proposés d'étudier ce phénomène en faisant l'analyse des produits de la combustion. Pour cela nous avons utilisé la méthode

---

([3]) Ph. Albert, M. Caron et G. Chaudron, *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 1108.

(*) Séance du 31 octobre 1955.

([1]) P. Laffitte et R. Delbourgo, *Fourth Symposium on Combustion*, The Williams and Wilkins Co, Baltimore, 1953, p. 114.

dynamique avec un appareil (*fig.* 1) dans lequel la flamme est stabilisée dans un tube conique en pyrex refroidi par une circulation d'eau. La flamme allumée par une étincelle, se fixe dans une position d'équilibre F dépendant, pour un mélange de concentration donnée, de la pression totale et du

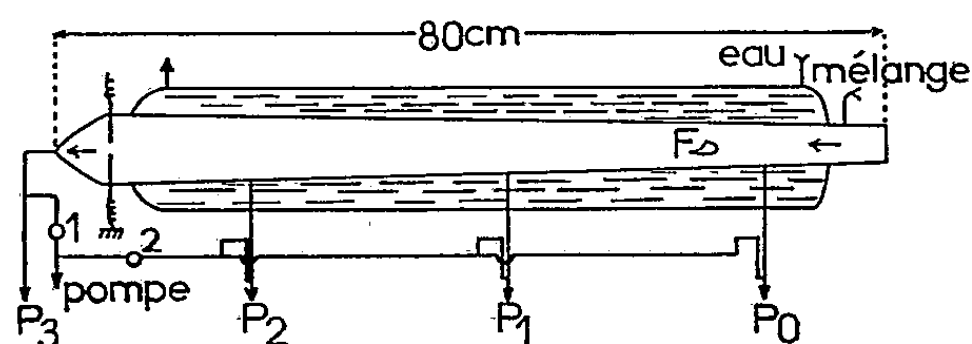


Fig. 1.

débit. Les produits de la combustion sont condensés dans des pièges, P_1, P_2 et P_3, refroidis par de l'azote liquide, le pompage se faisant à la fois par les robinets 1 et 2. Les liquides obtenus sont analysés par polarographie. Il est évident que les résultats analytiques ne peuvent pas représenter d'une manière absolue les produits, transitoires ou non se formant dans la flamme, par suite des réactions ultérieures parmi les produits gazeux de la combustion, ou parmi les produits liquides condensés. On obtient cependant des variations relatives des quantités des produits analysés.

Nous ne donnons ici (*fig.* 2) que les résultats concernant H_2O_2 dans les

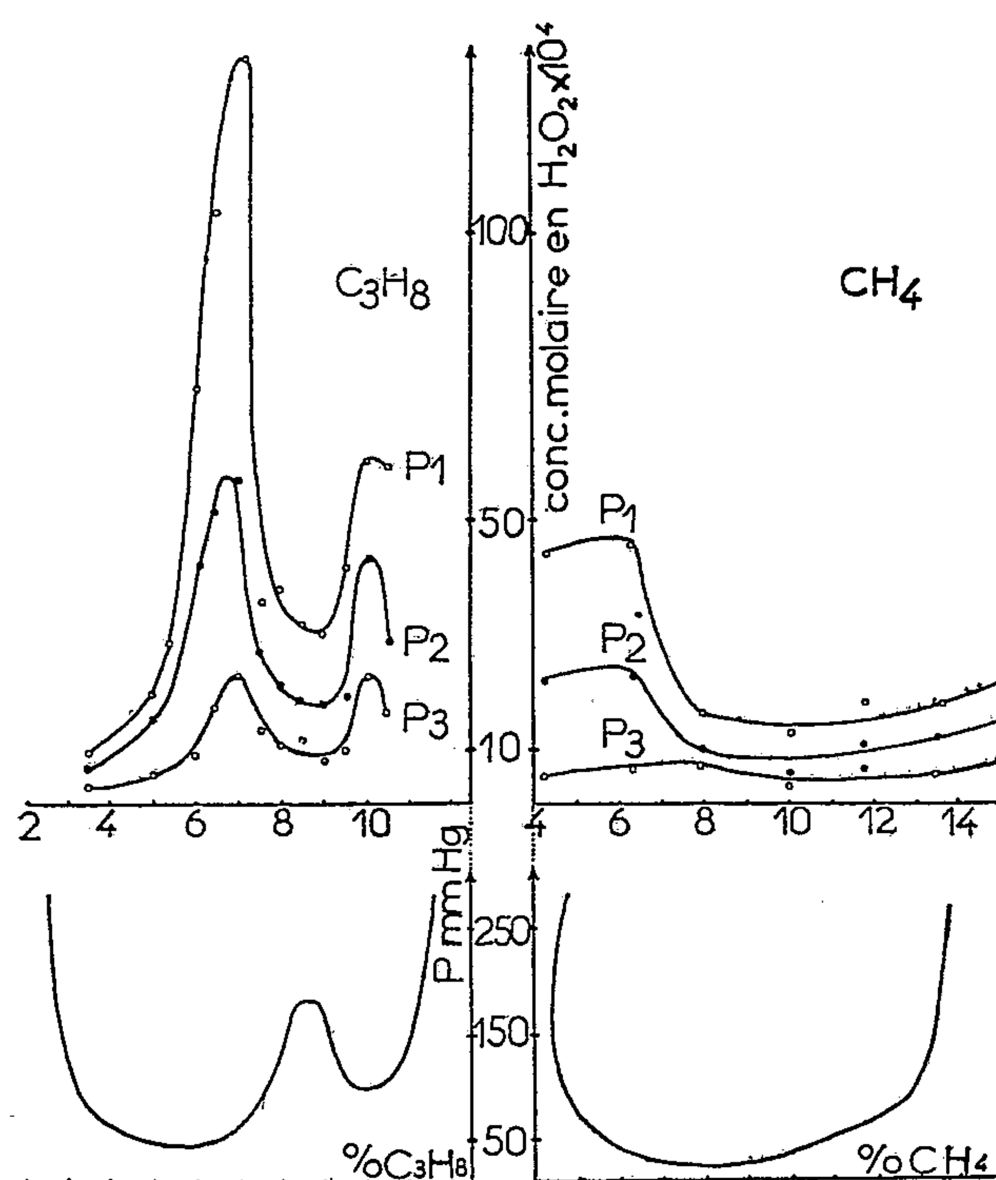


Fig. 2.

produits condensés. Les courbes montrent les variations des concentrations en H_2O_2 en fonction de la composition en hydrocarbure du mélange gazeux pour les pièges P_1, P_2 et P_3, sous une pression totale de 250 mm, pression sous laquelle on retrouve, avec l'appareil de la figure 1, les flammes caractéristiques des domaines précédemment décrits [1] et qui sont reproduits en dessous des courbes donnant les résultats analytiques. On voit que pour C_3H_8 les courbes présentent deux maximums de la concentration en H_2O_2, séparés par un minimum qui correspond sensiblement au maximum de la courbe d'inflammabilité. Les courbes relatives à CH_4 n'ont pas la même allure. Or ce gaz a un domaine d'inflammabilité ne comportant qu'une seule pression critique [2] (sauf dans certains cas particuliers au voisinage des limites d'inflammabilité).

Ainsi l'allure de la courbe donnant la concentration en H_2O_2 dans les produits condensés a une relation nette avec celle de la courbe qui limite le domaine d'inflammabilité. On ne doit cependant pas faire correspondre exactement ces deux courbes par suite de la différence des conditions expérimentales. Cependant en régime dynamique et avec le dispositif utilisé on ne retrouve plus certaines conséquences de la propagation de la flamme en tube fermé (régime vibratoire par exemple). Les variations mises en évidence correspondent ainsi à une propriété du mélange, quelle que soit la forme de la courbe limitant le domaine d'inflammabilité et obtenue dans des conditions différentes. Le maximum de cette courbe ne serait donc pas uniquement en relation avec les conditions géométriques et le régime vibratoire [3].

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur l'hexahydrate de l'acide chlorhydrique.* Note (*) de M. **Guy Vuillard**, présentée par M. Louis Hackspill.

L'étude du système binaire $H_2O—HCl$ révèle qu'il existe, en plus des mono, di et trihydrate depuis longtemps connus, un hexahydrate à fusion congruente qui est ici mis en évidence pour la première fois.

La courbe des points de congélation du système binaire $H_2O—HCl$ a déjà été tracée en 1893 par Pickering [1]. Cet auteur a travaillé entre les compositions pondérales 0 et 50 % ; cette dernière composition est à peu près celle du dihydrate : $HCl, 2H_2O$ que l'on obtient facilement à l'état cristallisé. Dans

(2) Bureau of Mines, *Rep. of investigation*, nº 5.006, 1953, p. 38.

(3) G. Dalmai, R. Delbourgo et P. Laffitte, *Comptes rendus*, 240, 1955, p. 192; P. Dugleux, E. Fréling, H. Guénoche et P. Laffitte, *Comptes rendus*, 240, 1955, p. 431.

(*) Séance du 24 octobre 1955.

(1) Pickering, *Ber.*, 26, B. 1, 1893, p. 277.

cet intervalle, Pickering montre l'existence d'une combinaison à fusion congruente, le trihydrate : HCl, $3H_2O$(F — 24°,9). Ce travail, par ailleurs très détaillé, comporte cependant une lacune entre les compositions 23 et 28 %, région où la cristallisation présente, selon l'auteur, « les plus grandes difficultés ». En prolongeant la branche du trihydrate et celle de la glace on les voit se couper vers — 85° et 24,5 %; c'est ainsi que Pickering détermine l'eutectique glace-trihydrate.

Les auteurs qui ont repris l'étude de ce binaire ([2]), ([3]), ([4]), se réfèrent aux résultats précédents. Toutefois A. G. Kogan et W. I. Nikolaev ([3]) observent un palier de température à — 70°,5; ils admettent qu'il s'agit simplement de l'eutexie que Pickering n'a pu observer.

Un hydrate riche en eau (6 ou $8H_2O$) fut autrefois envisagé ([5]) pour expliquer quelques particularités des solutions aqueuses d'acide chlorhydrique; mais aucune preuve de l'existence d'un tel hydrate n'a été apportée jusqu'ici.

J'ai entrepris l'étude de la partie du diagramme comprise entre 0 et 36 % de HCl. La méthode utilisée est l'analyse thermique par courbes d'échauffement. La technique en a été décrite dans un Mémoire sur le binaire $H_2O—SO_3$ ([6]).

Cette méthode comporte deux opérations successives : la première a pour but d'assurer la cristallisation aussi complète que possible de la solution à étudier; la seconde est l'analyse thermique, partant d'une température très inférieure à la température de fusion et conduite à vitesse d'échauffement constante.

Pour obtenir la cristallisation des mélanges, j'ai opéré de deux façons différentes :

1° *Refroidissement par trempage dans l'azote liquide suivi d'un réchauffement sous le contrôle de l'analyse thermique.* — Le refroidissement rapide (50°/mn) produit, en général, une vitrification du mélange; au cours du réchauffement, la transformation du verre se produit à — 137°, puis la cristallisation se déclenche vers — 125° et se poursuit rapidement.

2° *Refroidissement à — 78° pendant un ou plusieurs jours* (ce traitement est assez semblable à celui qu'employait Pickering). — Le refroidissement est ensuite continué lentement. La cristallisation débute brusquement vers — 92°, élevant d'une vingtaine de degrés, en moins de 2 mn, la température du

---

([2]) BAUME et TYKOCINER, *J. Chim. Phys.*, 12, 1914, p. 273.

([3]) *Bull. Acad. Sc. U. R. S. S.* (classe Sc. math. et nat.), série chim., 1937, p. 823.

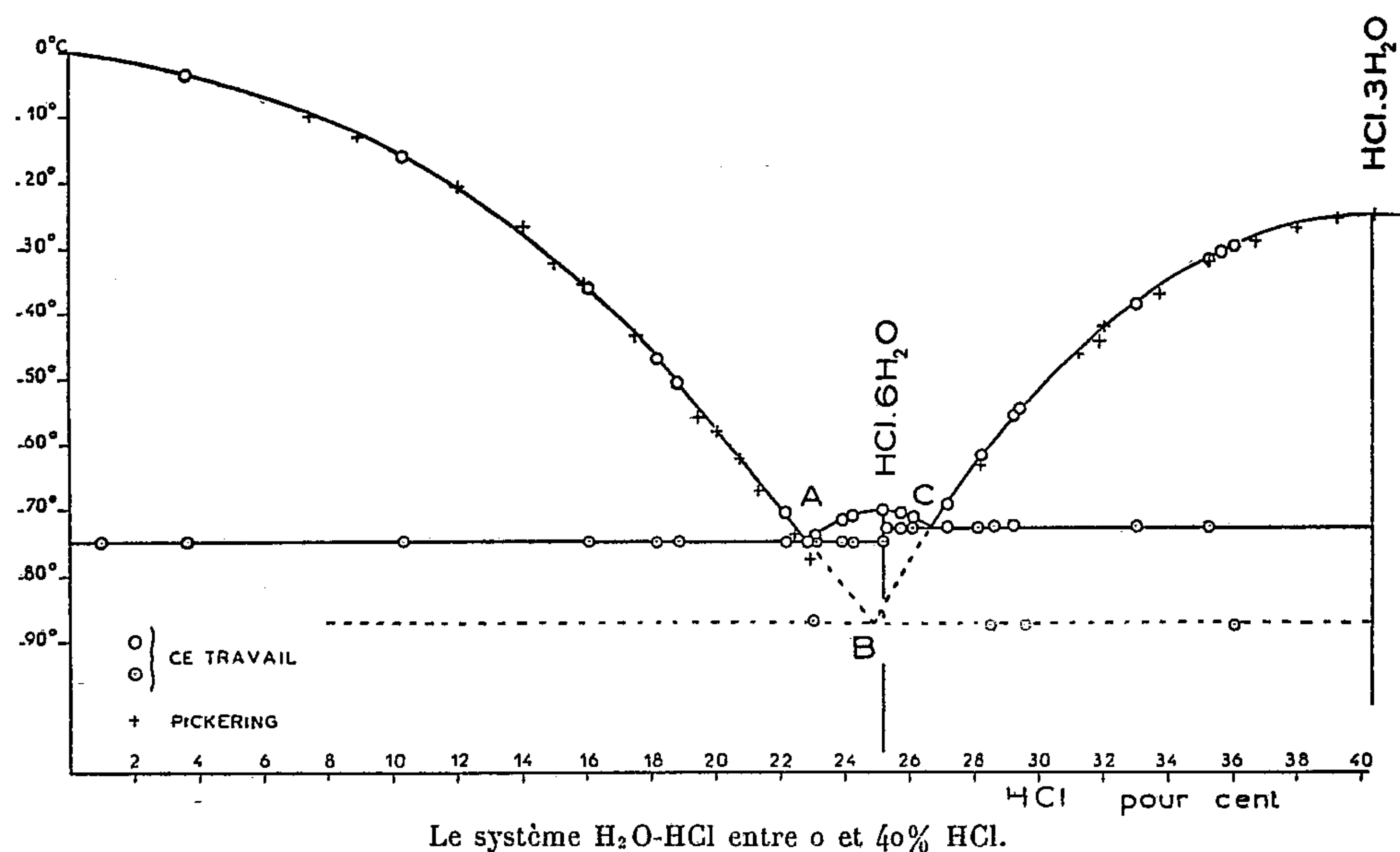
([4]) RUPERT, *J. Amer. Chem. Soc.*, 31, 1909, p. 851.

([5]) Les conceptions de Berthelot et de Mendelejeff sur l'existence possible d'un hexahydrate en solution sont citées et discutées par Pickering ([1]) et Kogan ([3]).

([6]) G. VUILLARD, *Bull. Soc. chim.*, 1954, p. 802.

mélange. La courbe d'analyse thermique n'est tracée qu'après un repos de plusieurs heures vers — 100°.

L'ensemble des résultats obtenus est représenté par le diagramme de fusion du système binaire H_2O—HCl (*fig.*). Avec les mélanges de composition inférieure à 25,2 %, les courbes d'analyse thermique présentent un palier d'eutexie



Le système H_2O-HCl entre o et 40% HCl.

à — 74°,7. La température de fin de fusion de la glace descend régulièrement jusqu'au point d'eutexie A, déterminé par construction du graphique de Tammann et par l'intersection des courbes de fusion. Les mesures de Pickering (la deuxième série de cet auteur, celle qui semble la meilleure) sont reportées sur la branche OA. Entre o et 14 %, j'ai aussi tenu compte des nombreuses mesures concernant l'abaissement du point de congélation des solutions [7]. Le point d'eutexie A a pour coordonnées :

$$\text{HCl}\,\% = 23{,}0, \qquad t_e = -\,74^\circ{,}7 \pm 0{,}2.$$

Les mélanges de concentration supérieure à 25,24 % de HCl présentent un nouveau palier à la température de —73°,0. Le maximum de ce palier se situe au point d'eutexie C qui a pour coordonnées :

$$\text{HCl}\,\% = 26{,}6, \qquad t_e = -\,73^\circ{,}0 \pm 0{,}2.$$

Entre les eutexies A et C, la courbe représentant les fins de fusion présente un maximum qui correspond à un hydrate à fusion congruente. Sa formule est HCl, $6H_2O$ (F —70°,0 ± 0,2).

---

(7) GMELIN, *Handb. anorg. Chem.*, Chlor., p. 147.

Cette combinaison est mise en évidence pour la première fois.

Cet hexahydrate de l'acide chlorhydrique semble bien ne se former qu'à température comprise entre —92 et —125°. Les solutions de concentration voisine de 25 %, maintenues plusieurs jours à —80°, refusent de cristalliser; alors que la cristallisation est extrêmement rapide à —95° et s'accompagne d'un fort dégagement de chaleur.

Dans quelques-unes des expériences conduites selon la deuxième méthode de cristallisation, j'ai pu observer le palier d'eutexie glace-trihydrate à —87°,5; ceci permet de déterminer les coordonnées de cet eutectique métastable (point B de la figure) :

$$\text{HCl}\% = 24,8 \quad \text{et} \quad t_e = -87°,5.$$

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les produits de condensation du butanal avec l'acétone.* Note (*) de MM. **Gabriel de Gaudemaris** et **Paul Arnaud**, présentée par M. Marcel Delépine.

Les auteurs démontrent que la condensation du butanal sur l'acétone ne conduit qu'à la trans-heptène-3 one-2. La prétendue cis-heptène-3 one-2 décrite dans la littérature n'est en fait qu'un mélange de l'isomère trans et d'éthyl-2 hexène-2 al.

Selon Eccott et Linstead ([1]), la condensation du butanal avec l'acétone en milieu alcalin, dans des conditions ménagées, conduit à un cétol dont la déshydratation fournit la trans-heptène-3 one-2; par contre, la même condensation, effectuée dans des conditions brutales, donnerait directement l'isomère cis de cette cétone.

Plus tard, Powell et Balard ([2]) ne purent reproduire la préparation de ce dernier isomère.

Nous avons repris cette question en procédant comme Eccott et Linstead, et avons effectivement obtenu l'heptanol-4 one-2 ($\acute{E}_{12}$ 92°; n_D^{20} 1,4360; Rdt 84 %). Ce cétol, distillé en présence d'iode, nous a donné (Rdt 85 %) l'heptène-3 one-2 ($C_7H_{12}O$) de constantes : $\acute{E}_{52}$ 85-86°; n_D^{20} 1,4410; λ_{max} 224 mμ, ε_{max} 13 200; DNPH F 127 (corr.); SC : F 114, λ_{max} 260 mμ, ε_{max} 26 100.

Son spectre infrarouge (*fig.* 1), montre, par la présence, entre autres, d'une forte bande à 980 cm^{-1} qu'il s'agit bien d'une cétone trans-éthylénique : nous retrouvons donc ici les conclusions d'Eccott et Linstead.

En cherchant à reproduire la condensation brutale mentionnée ci-dessus, nous avons obtenu un produit ($\acute{E}_{13}$ 70°; n_D^{20} 1,4495 SC:F 155 (corr.)) très voisin de celui des auteurs anglais ($\acute{E}_{12}$ 67-70°; n_D^{22} 1,4505; SC:F 152°). Son spectre

(*) Séance du 10 octobre 1955.

([1]) *J. Chem. Soc.*, 132, 1930, p. 905.

([2]) *J. Am. Chem. Soc.*, 60, 1938, p. 1914.

infrarouge (*fig.* 1) ne saurait être celui d'une cétone éthylénique à chaîne linéaire pure. Une bande à 2698 cm^{-1} laisse présager la présence d'un aldéhyde. De

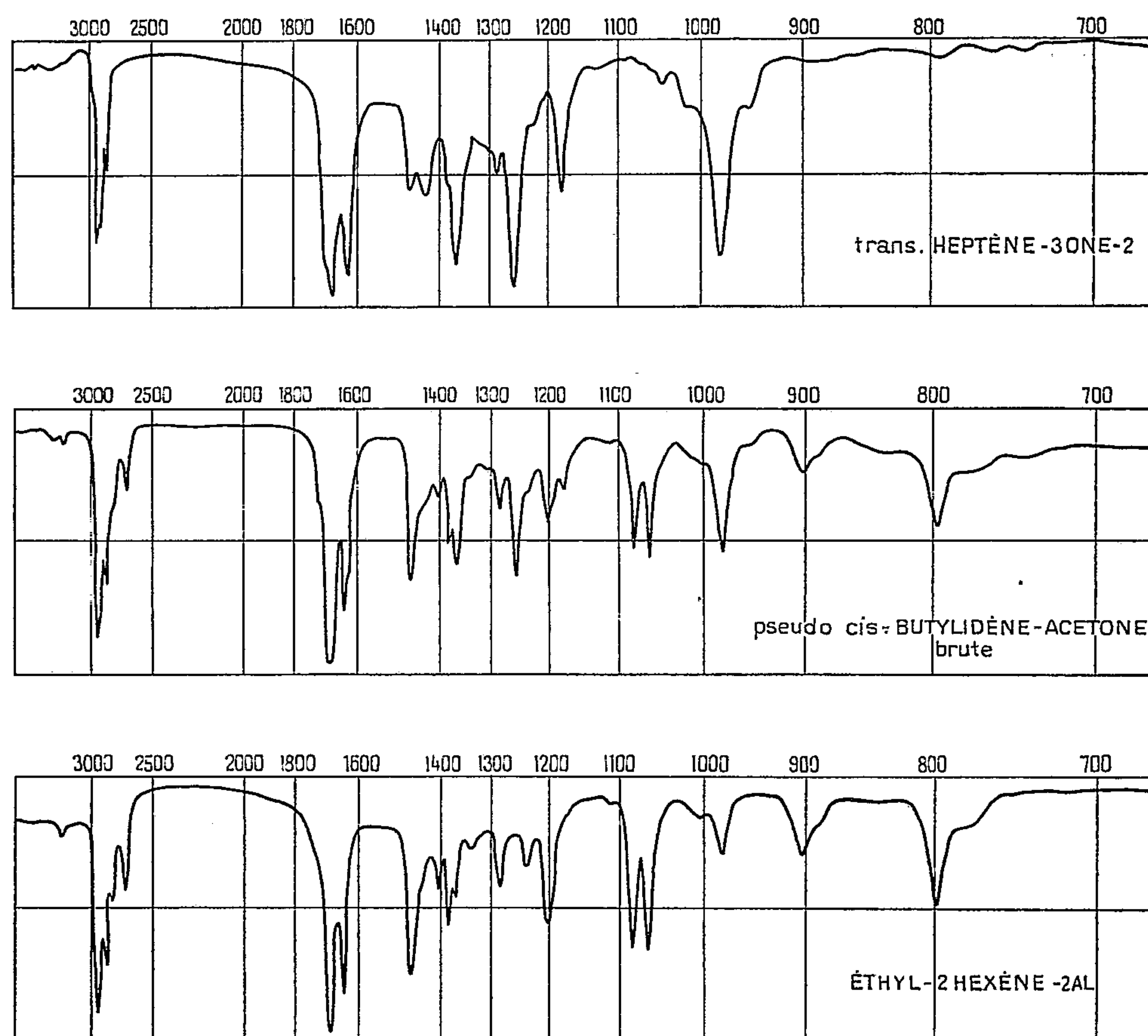


Fig. 1.

fait, la distillation analytique (courbe de la figure 2) effectuée dans un appareil Podbielniak type Mini-Cal nous a permis de séparer très nettement deux constituants dans ce produit de condensation brutale :

30 % d'un composé A : $É_{50}$ 85,2 ; n_D^{20} 1,4443; λ max 224 mμ, ε max 15 700; DNPH:F 127° (corr.); SC:F 114 (corr.). Les points de fusion de ces dérivés ne sont pas abaissés par mélange avec ceux de la trans-hepténone citée plus haut, à laquelle, au surplus, son spectre infrarouge permet d'identifier ce composé A.

70 % d'une seconde fraction B ($É_{50}$ 92,1 ; n_D^{20} 1,4540; λ max 230 et 312 mμ, ε max 18.300 et 51 ; DNPH : F 125,5 (corr.) SC : F 155 (corr.) dont le spectre infrarouge présente beaucoup d'analogies avec celui du produit brut, notamment par la présence de bandes à 2698 et 801 cm^{-1}. L'existence de cette dernière bande, caractéristique d'une double liaison trisubstituée nous a conduits à penser qu'il pouvait s'agir de l'éthyl-2 hexène-2 al, provenant de la condensation du butanal sur lui-même. Pour obtenir un échantillon authentique de cet aldéhyde, nous

avons réalisé cette condensation à l'aide d'une résine échangeuse d'anions (« Allassion AS »). On obtient ainsi l'éthyl-2 hexène-2 al (Rdt 57 %) de constantes : $\acute{E}_{14}$ 61-62 ; $\acute{E}_{50}$ 92-93 ; n_D^{20} 1,4535 ; λ max 230 mμ ; ε max 18.700 ; DNPH : F 125 (corr.) SC : F 155 (corr.).

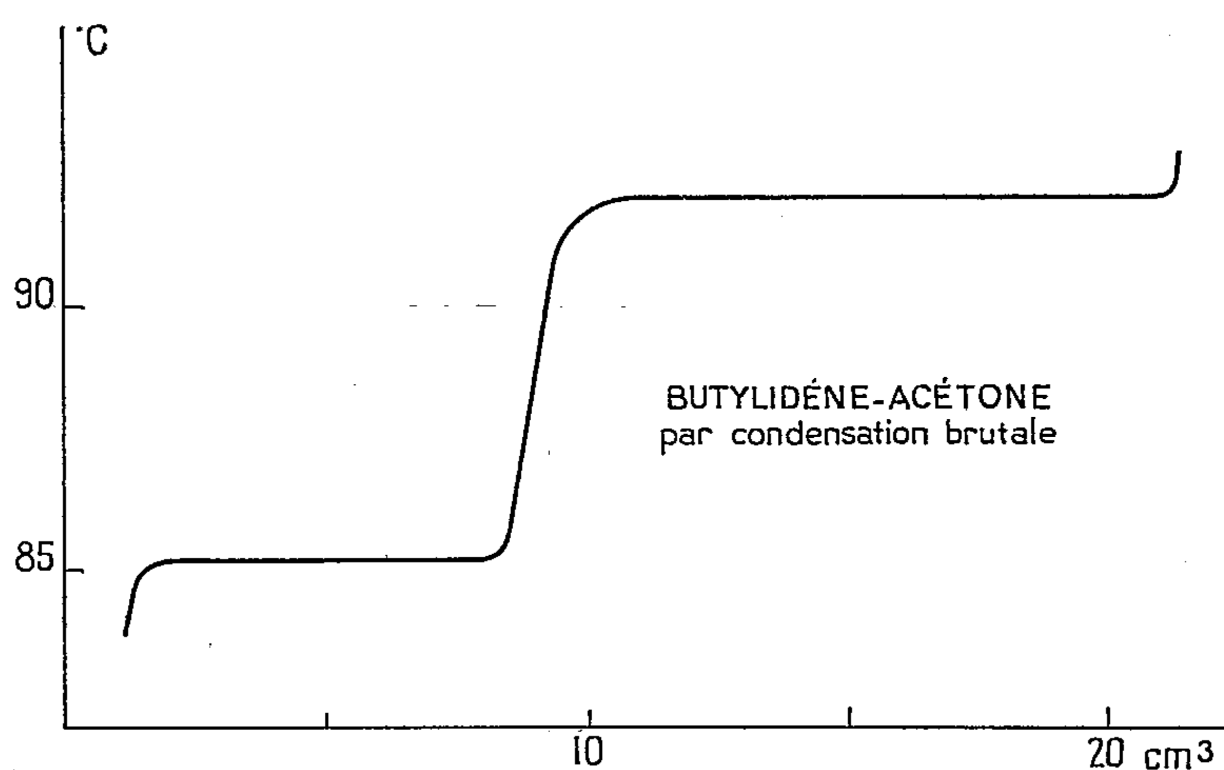


Fig. 2.

L'identité des constantes de ce produit et de celles de la fraction B est manifeste ; en outre, le mélange des deux SC n'entraîne aucun abaissement du point de fusion. Enfin, le spectre infrarouge de l'éthylhexenal (*fig.* 1) est superposable à celui de B. On peut donc affirmer que le second constituant de la cétone brute est bien l'éthyl-2 hexène-2 al.

En conclusion, le produit que Eccott et Linstead avaient considéré comme étant la cis-heptène-3 one-2 est en fait un mélange de cétone trans-éthylénique et d'éthylhexénal.

Remarque. — Le spectre infrarouge de l'éthyl-2 hexène-2 al montre, en plus des bandes habituelles à 2698 et 2793 cm^{-1} (3), une bande à 906 cm^{-1} attribuée à la déformation gauche du C—H aldéhydique (4). On notera aussi la forte intensité de la vibration de valence de la liaison éthylénique à 1639 cm^{-1}.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action des échangeurs d'anions dans la condensation de Knoevenagel.* Note (*) de M. **Pierre Mastagli**, présentée par M. Marcel Delépine.

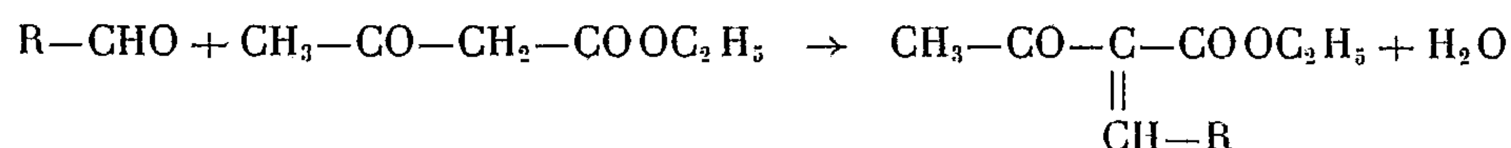
L'auteur montre qu'il est possible de préparer par les échangeurs d'anions les esters bis-acétylacétate d'éthyle dans la série aliphatique, aromatique et hétérocyclique.

(3) Pinchas, *Anal. Chem.*, 27, 1955, p. 1.

(4) L. J. Bellamy, *The infra-red Spectra of Complex Molecules*, Methuen, Londres, 1954, p. 136.

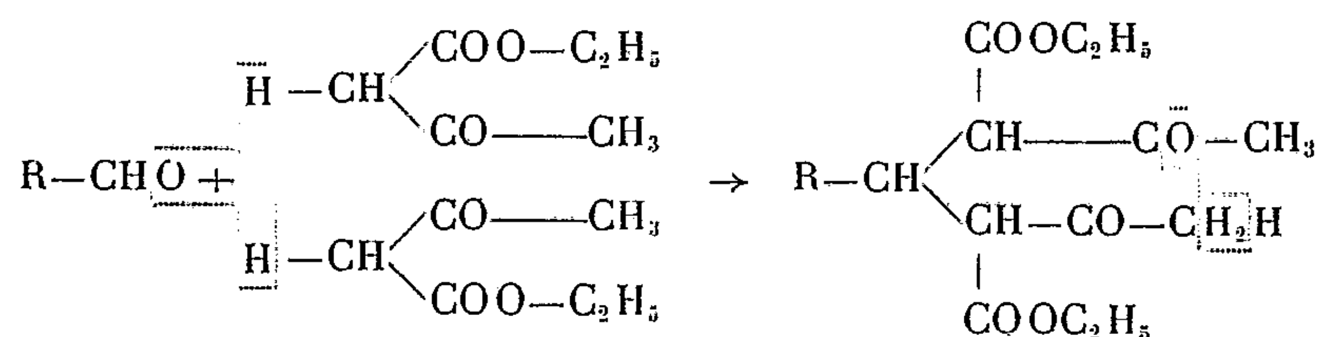
(*) Séance du 31 octobre 1955.

Melvin et ses Collaborateurs [1] ont montré qu'il était facile de remplacer les catalyseurs habituels, que sont les amines, tels que la diéthylamine et la pipéridine, dans la réaction de Knoevenagel, par les échangeurs d'anions. Ils ont prouvé qu'on obtenait dans des conditions bien définies soit à froid, soit à ébullition, en présence de benzène, la condensation habituelle entre une seule molécule d'aldéhyde et une seule molécule d'acétylacétate d'éthyle.



Des essais personnels [2] avaient confirmé ces résultats. Nous avons voulu cependant vérifier qu'il était possible d'obtenir aussi par ces mêmes catalyseurs les dérivés bis-acétylacétate d'éthyle, que Knoevenagel a préparés à chaud en se servant de pipéridine ou de diéthylamine.

En changeant les conditions expérimentales de Melvin, nous avons effectué aisément une condensation de deux molécules d'acétoacétate d'éthyle sur une seule molécule d'aldéhyde selon l'équation suivante :



Nos essais ont été effectués avec des aldéhydes de types différents : un aldéhyde aliphatique, l'hexanal; un aldéhyde aromatique, le benzaldéhyde et un hétérocyclique, le furfural. Dans chaque cas les résultats ont été semblables en ce sens qu'on obtient facilement un dérivé bis-acétylacétate d'éthyle et différents si l'on considère que le produit bis peut perdre soit une molécule d'eau, soit une molécule de gaz carbonique.

Premier exemple. — Nous avons pris 50 g d'hexanal normal fraîchement distillé auxquels on a ajouté 130 g d'acétylacétate d'éthyle et 25 g d'échangeurs d'anions (polyalkylènes polymérisés), à caractéristique d'amine-phénol, on a chauffé à reflux ce mélange durant deux heures. La température s'est maintenue à 100°; contrairement à la pensée de Melvin et ses collaborateurs il n'est pas nécessaire d'enlever l'eau à mesure quelle apparaît. En effet l'eau surnage à mesure qu'elle se forme et sort ainsi de la réaction. Durant le chauffage on a obtenu 1750 cm^3 de gaz carbonique. On a ajouté à ce moment là 50 cm^3 de trichloréthylène. En filtrant sur büchner on a recueilli intacts les

(1) G. Melvin, Astle et Joel, A. Zaslowski, *Industrial and Engineering Chemistry*, 44, 1952, p. 2867.

(2) P. Mastagli et G. Durr, *Bull. Soc. Chim.*, 2, 1955, p. 268.

échangeurs et par distillation on a obtenu 25 g d'acétylacétate d'éthyle récupérés $É_{760}$ 170-180°; puis 18 g d'héxylidéne acétylacétate d'éthyle $É_{14}$ 135-137° $n_D^{17} = 1{,}462$ et ensuite 45 g de pentyl-1 méthyl-5 dicarboxéthyle-2.6 cyclohexanone-3 ène-4. P. M. (par oximation) trouvé 320 calculé 324, $É_{17}$ 185° $n_D^{18} = 1{,}483$ $d_{17}^{17} = 0{,}979$.

Second exemple. — Nous avons pris 53 g d'aldéhyde benzoïque, 130 g d'acétylacétate d'éthyle et 25 g d'échangeurs d'anions du même type que celui du premier exemple. On a chauffé à reflux deux heures à 100° dans un ballon surmonté d'un réfrigérant, on a laissé refroidir une nuit à 18°, on a filtré sur büchner les cristaux qui étaient apparus durant la nuit mélangés aux échangeurs d'anions. On a traité ce mélange par 200 cm³ d'alcool absolu, on a filtré et dans la solution alcoolique refroidie on a retrouvé 40 g de benzylidène bis-acétylacétate d'éthyle ([3]).

Point de fusion (Maquenne) 157-158°.

Dans le filtrat on a retrouvé 10 g d'acétylacétate d'éthyle qui n'avaient pas réagi et 25 g de benzylidène acétylacétate d'éthyle F 59° ([1]).

Troisième exemple. — Nous avons pris 130 g d'acétylacétate d'éthyle, 96 g de furfural et 30 g d'échangeurs d'anions du même type que précédemment. On a chauffé à reflux durant deux heures. Par distillation après avoir enlevé à pression ordinaire l'acétylacétate d'éthyle qui n'avait pas réagi, on a obtenu en distillant $É_{10}$ 160-162°, 25 g de furfurylidène acétylacétate d'éthyle F 61° ([1]) et 34 g de furyl-1 méthyl-5 carboxéthyl-6 cyclohexanone-3 ène $É_{10}$ 197° fondant après une cristallisation dans l'éther de pétrole à 72° ([4]). Son oxime $É_{13}$ 195° fond à 117-118° au bloc Maquenne.

En résumé il est possible avec les échangeurs d'anions d'obtenir exactement le même résultat qu'avec les amines dans la réaction de Knoevenagel. Il faut noter cependant que Knoevenagel pour obtenir les dérivées monoacétylés travaillait à des températures aussi basses que — 15°. On obtient le même résultat comme l'ont noté Melvin et ses collaborateurs, en maintenant les échangeurs à température ambiante ou en chauffant plusieurs heures avec du benzène. Mais si on ne se sert pas de solvant et qu'on opère à 100° comme nous l'avons fait, on obtient aisément les dérivés bis en mettant deux molécules d'esters cétoniques pour une d'aldéhyde. On notera l'influence du radical.

Le radical benzyle tend à stabiliser la molécule formée qui ne se décarboxyle pas, ni ne se déshydrate en présence d'échangeurs d'anions. Le radical furyle dans les mêmes conditions cause une décarboxylation et une déshydration. Le radical aliphatique hexyle ne laisse subir à la molécule de dicétone formée que la déshydratation. Nous poursuivons nos essais pour préparer des bis-maloniques à partir de différents aldéhydes.

([3]) KNOEVENAGEL, *Beritch. der deutsch. chem. gesells.*, 27, 1894, p. 2345.

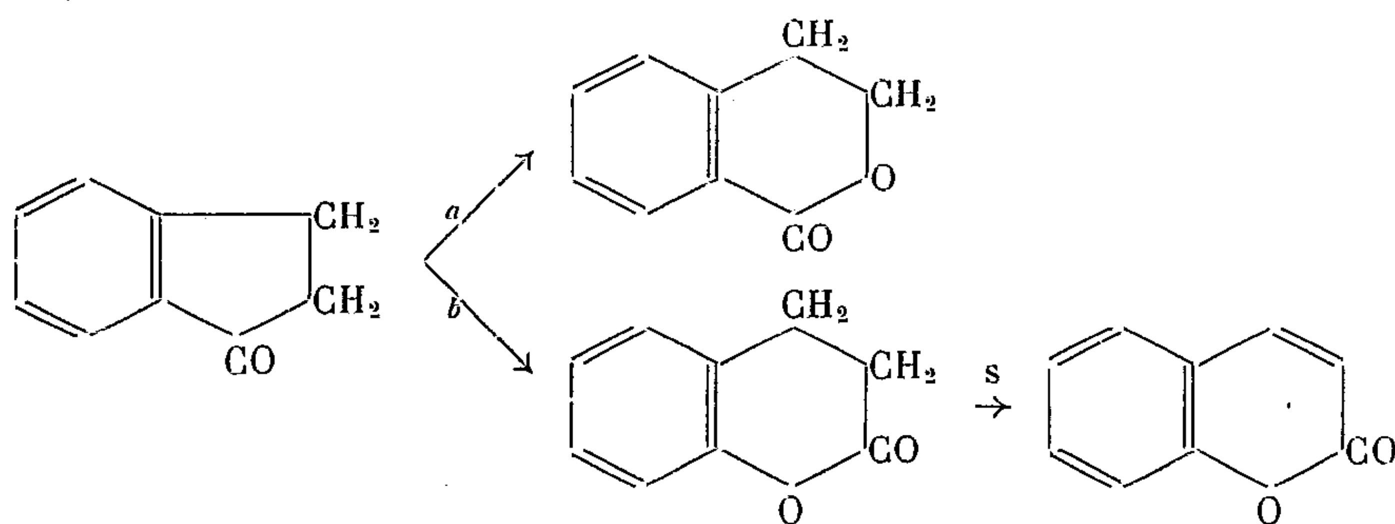
([4]) KNOEVENAGEL, *Ann. der. Chem.*, 333, 1904, p. 244.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Application de la réaction de Baeyer-Villiger à la synthèse de la dihydrocoumarine.* Note (*) de Mme **Monique Clerc-Bory** et M. **Charles Mentzer**, présentée par M. Marcel Delépine.

L'action de l'acide pertrifluoroacétique sur l'indanone permet de préparer la dihydrocoumarine avec un rendement de 45% en produit pur.

Au cours de ces dernières années, la réaction de Baeyer-Villiger (1) a été maintes fois utilisée en vue de transformer certaines cétones cycliques en lactones difficilement accessibles par d'autres méthodes (2). Si le réactif de Caro ne semble pas avoir donné de résultats satisfaisants dans ce but, l'acide perbenzoïque par contre a permis à Friess (3) de passer très aisément de la cyclopentanone à la valérolactone correspondante. Tout récemment, Sager et Duckworth (4) ont montré que les lactones de ce type se forment avec un rendement particulièrement élevé quand on oxyde les cétones cyclaniques au moyen d'acide pertrifluoracétique. Emmons et ses collaborateurs (5) ont en effet montré que ce peracide, très peu dissocié, permet d'effectuer la fixation de l'oxygène en milieu pratiquement neutre, à condition d'opérer en présence d'un tampon phosphate qui capte l'acide trifluoracétique au fur et à mesure de sa formation.

Partant de ces faits, nous avons entrepris une série de recherches en vue de généraliser la réaction de Baeyer-Villiger ainsi perfectionnée, à l'élaboration d'une nouvelle synthèse de certains hétérocycles du type « benzopyronique ». L'indanone par exemple devait, *a priori*, pouvoir se transformer soit en dihydroisocoumarine (selon *a*), soit en dihydrocoumarine (selon *b*) :



(*) Séance du 31 octobre 1955.

(1) *Berichte der deutsch. chem. gesellsch.*, 32, 1899, p. 3625.

(2) von Doering et Speers, *J. Amer. Chem. Soc.*, 72, 1950, p. 5515 (*voir* aussi Doering et Dorfman, *ibid.*, 75, 1953, p. 5595).

(3) *J. Amer. Chem. Soc.*, 71, 1949, p. 2571.

(4) *J. Amer. Chem. Soc.*, 77, 1955, p. 188.

(5) *Ibid.*, 77, 1955, p. 89 et 2287.

A la suite des premiers essais dans ce domaine (C. Mentzer, rapport oral au Colloque de Lyon sur les Hétérocycles oxygénés, 5-10 septembre 1955), nous avions admis que la substance obtenue devait être de la dihydroisocoumarine qui a la même composition centésimale et pratiquement le même point d'ébullition que le produit d'oxydation de l'indanone. Lors d'une discussion à ce sujet, G. Ourisson a attiré notre attention sur l'aptitude migratrice des radicaux organiques en fonction de leur structure, au cours de la réaction de Baeyer-Villiger en général. D'après ces considérations, la rupture de liaison devait se faire de préférence entre le phényle et le carbonyle, avec apparition de dihydrocoumarine. Nos expériences ultérieures ont pleinement confirmé ces vues; le produit obtenu est effectivement de la dihydrocoumarine dont la structure a pu être prouvée par déshydrogénation au soufre. Un tel traitement aboutit en effet à une substance dont le point de fusion n'est pas abaissé par mélange avec un échantillon authentique de coumarine. A notre connaissance, cette réaction peut être considérée comme le premier exemple de préparation d'une benzopyrone en partant d'une cétone benzocyclanique. Ces faits semblent indiquer en outre que l'agrandissement de cycle observé dans ce cas doit être une transposition du peroxyde de la cétone, formé au cours de la première étape de la synthèse, conformément au mécanisme général de la réaction de Baeyer-Villiger élucidé par Doering et Dorfman [6].

Partie expérimentale. — Introduire 30,5 cm³ d'anhydride trifluoracétique (0,216 mol) dans une suspension de 4,9 cm³ d'eau oxygénée à 84 % (0,18 mol) dans 30 cm³ de chlorure de méthylène glacé. La solution obtenue est ajoutée en 30 mn à une suspension de 78 g de phosphate disodique dans un mélange de 90 cm³ de chlorure de méthylène et de 18 g (0,12 mol) d'indanone. La réaction est exothermique et provoque l'ébullition du solvant. Pour terminer, le mélange est chauffé 30 mn au reflux puis filtré après refroidissement. Les sels minéraux sont lavés à l'éther qui sert ensuite à dissoudre le résidu d'évaporation du chlorure de méthylène. Les solutions éthérées réunies, lavées au bicarbonate de sodium, sont concentrées puis purifiées par le réactif de Girard en vue de l'élimination des dernières traces d'indanone non oxydée. Il reste un produit huileux, distillant à 146-149° sous 15 mm ($n_{18°,5}$ 1,5495; $d^{4}_{18°,5}$ 1,169). Rdt 8,5 g (45 %) 3 g de ce distillat sont traités pendant 12 h avec 1,5 g de soufre, à 250-300°. L'hydrogène sulfuré se dégage. Après refroidissement, le produit goudronneux est épuisé par 500 cm³ d'eau bouillante. Le filtrat laisse déposer 1,5 g de cristaux blancs, fondant à 65°, identiques à un échantillon authentique de coumarine. La déshydrogénation au soufre s'effectue dans les mêmes

(6) *J. Amer. Chem. Soc.*, 75, 1953, p. 5595.

conditions et avec un rendement analogue (1,7 g) en partant de 3 g de dihydrocoumarine préparée par une technique classique ($E_{15\,mm}$ 148°; $n_{18°,5}$ 1,5565; $d_{18°,5}$ 1,171).

GÉOLOGIE. — *Age et origine des formations superficielles à silex.* Note (*) de M. **Antoine Bonte**, présentée par M. Pierre Pruvost.

Dans une Note précédente [1], j'ai proposé de distinguer plusieurs groupes dans les formations superficielles à silex du Nord de la France. Il convient maintenant de préciser pour chacun d'eux l'époque et le processus de sa mise en place.

Le *conglomérat à silex* marque le début de la transgression éocène et date, dans le Nord de la France, du Landénien inférieur. Ses éléments très usés proviennent généralement du démantèlement de la craie sous-jacente. Dans la région de Vervins ce conglomérat, très épais et à silex entiers, a été interprété par Gosselet comme le résultat du remaniement d'une accumulation antééocène.

L'*argile à silex proprement dite* est le résidu de décalcification de la craie dans laquelle elle s'enfonce en poches. La dissolution nécessite la présence d'une couche perméable qui assure une lente percolation des eaux pluviales, tandis qu'une couverture imperméable s'oppose à leur action.

Dans ces conditions, l'argile à silex a pu se produire dès la fin de l'Éocène, mais n'a généralement pas été conservée; seules subsistent les argiles à silex récentes, elles-mêmes remaniées au fur et à mesure des progrès de l'érosion.

Le *diluvium gris* est le résultat du processus normal de l'érosion fluviatile. Sa transformation sur place en *diluvium rouge*, à l'époque actuelle, est identique à l'altération de la craie en argile à silex.

Quant au *bief à silex*, sa nature et sa situation topographique sur les flancs des vallées actuelles montrent qu'il dérive du remaniement de l'argile à silex et du limon rouge à silex et qu'il leur est donc postérieur.

Si les formations précédentes ne posent plus guère de problème important, il n'en va pas de même pour le *limon rouge à silex* qui repose indifféremment sur la craie ou sur n'importe lequel des termes du Tertiaire et dont les immenses nappes ont toujours intrigué les géographes.

Reprenant une interprétation des auteurs anglais et s'appuyant sur les relations topographiques de son argile rouge à cailloux et des formations argileuses et sableuses de l'Éocène, Ph. Pichemel [2] a proposé une expli-

(*) Séance du 31 octobre 1955.

(1) A. Bonte, *Comptes rendus*, 240, 1955, p. 1788.

(2) *Les plaines de Craie*, *Thèse Lettres*, Paris, 1954, p. 112.

cation séduisante. D'après lui, le limon rouge à silex se serait formé aux dépens des sédiments tertiaires préexistants, qui auraient enrobé des silex de l'argile à silex, suivant un processus qui reste mystérieux. On peut objecter à cette hypothèse que l'argile à silex est absolument insuffisante pour donner la masse énorme de silex qui constitue l'essentiel de la formation.

En fait, la répartition géographique du limon rouge à silex semble fournir la clef de son origine. Les placages qui ceinturent le Pays de Bray et l'axe de l'Artois sont les témoins de vastes nappes en pente douce qui s'étalaient en divergeant à partir des axes anticlinaux. De là à considérer que les anticlinaux — en entretenant la gravité, moteur de l'érosion — constituent le point de départ nécessaire de la formation du limon rouge à silex il n'y a qu'un pas.

Cependant l'homogénéité du limon rouge à silex ne permet pas de l'envisager comme le résultat de l'abrasion d'un anticlinal figé, qui n'a sans doute jamais existé complètement formé ainsi qu'on le dessine couramment. On ne conçoit séparément la formation des plis et les processus de l'érosion que pour mieux les analyser; en réalité, les deux phénomènes sont étroitement liés et toute montée axiale se traduit immédiatement par un regain d'érosion.

Le limon rouge à silex proviendrait donc d'un démantèlement progressif mettant à contribution, en même temps, toutes les formations qui constituent l'anticlinal en voie de surrection continue.

Dans le cas particulier de l'Artois et du Pays de Bray, c'est toute la craie et tout le Tertiaire à la fois qui alimentent les agents d'érosion et de transport. A supposer que le Tertiaire ait existé au sommet du futur anticlinal, l'érosion de cette couverture meuble donne, au départ, un mélange de sables et d'argiles. Ensuite, dès l'affleurement, dans l'axe de la ride, de la craie sénonienne, puis turonienne, on voit apparaître les poches de dissolution avec argile à silex qui jalonnent le contact craie-Tertiaire et qui, de proche en proche, se déplacent avec lui, prenant naissance à l'aval pendant qu'elles sont rabotées à l'amont.

La craie livre alors en abondance, directement et par l'intermédiaire de l'argile de décalcification, les silex intacts ou simplement brisés qui caractérisent la formation. La craie est éliminée au fur et à mesure par lavage et par dissolution et les silex résiduels se mélangent à l'argile et au sable en provenance du Tertiaire.

Ainsi prend naissance le dépôt rouge riche en silex dans une matrice argilo-sableuse décalcifiée pour lequel j'ai proposé le nom de *limon rouge à silex*. Le ruissellement et la solifluction assurent la mise en place continue et le brassage constant de cette vaste nappe d'épandage, dont l'épaisseur varie avec la distance et avec les irrégularités de la surface primitive.

Cette interprétation suppose une surrection lente et progressive des

anticlinaux, ce qui n'exclut pas pour autant les à-coups. Le limon rouge à silex, sorte de limon de lavage (A des cartes géologiques), se serait donc formé tout au long du Tertiaire et devrait, dans certains cas, se trouver interstratifié dans des formations marines datées,

Effectivement les descriptions de Gosselet dans les environs de Vervins et de Barrois dans la région de Marlemont font état d'amas de silex, entre la craie sans silex et l'Éocène, dans des conditions où la dissolution sur place paraît impossible. Dollfus signale aussi des formations argileuses et des argiles à silex sous le calcaire pisolithique ou le calcaire grossier, dont la présence s'oppose à l'hypothèse d'une décalcification de la craie sous-jacente avec formation d'argile à silex *sensu stricto*. Fréquemment les cartes géologiques figurent des argiles à silex, tantôt au-dessus, tantôt au-dessous du Tertiaire, et l'allure des contours trahit les hésitations des auteurs des levés. Enfin certains dépôts aberrants intercalés dans le Tertiaire de la région parisienne pourraient peut-être s'expliquer par le remaniement aérien des assises plus anciennes.

Ainsi dans les zones centrales du Bassin de Paris le limon rouge à silex a pu être emprisonné, avec ses caractères propres ou remanié, à l'intérieur des formations marines qui permettent de le dater. Au contraire, dans les régions depuis longtemps exondées, comme dans le Nord de la France, il représente un dépôt continental compréhensif, qui se poursuit de nos jours et dont la datation précise semble impossible.

GÉOLOGIE. — *La série géologique entre le Djado et le Tibesti (Sahara oriental).* Note de MM. **Charles Bizard, André Bonnet, Jean-Michel Freulon, Georges Gérard, Albert-F. de Lapparent, Pierre Vincent** et **Philippe Wacrenier**, présentée par M. Pierre Pruvost.

La série comprend, outre un Ordovicien, un Gothlandien et un Dévonien gréseux, un Dinantien gréseux et calcaire où des influences marines très littorales se font sentir. La région correspond à un vaste synclinorium affecté de nombreux brachyanticlinaux.

Une région désertique peu connue s'étend des plateaux du Djado aux montagnes volcaniques du Tibesti; la plus grande partie se trouve en territoire du Niger. On y avait seulement signalé des *Bilobites* et des *Harlania* indiquant le Silurien (A. Chevalier et C. Kilian, 1932), du Dévonien marin à Dadafi (H. Hubert, 1917), du Dinantien à *Archæosigillaria* à Defirou (P. Corsin, 1932); mais on ignorait les relations stratigraphiques entre les gisements. Plus tard, M. Dalloni (1948) apportait plusieurs indications nouvelles, relevées sur les pourtours de la région envisagée ici.

Une randonnée fut effectuée en janvier 1955 par la mission géologique

du Borkou-Ennedi-Tibesti (Direction des Mines et de la Géologie de l'A. E. F.) avec l'accord de la Direction fédérale des Mines et de la Géologie de l'A. O. F. Partant de Zouar, la mission atteignit le Mont Defirou, en quittant la piste de Bilma après Ziri Betidaï; puis elle gagna Sobozo et poussa jusqu'à l'Emi Fezzan, avec retour par Sissé. On put ainsi établir la série stratigraphique et reconnaître l'essentiel de la structure de ce pays (1).

Ordovicien. — Une série gréseuse inférieure, épaisse d'une centaine de mètres, repose en discordance angulaire sur le Précambrien de Zouar; elle forme une falaise abrupte, suivant le type morphologique des tassilis internes du Hoggar. La position de ces « grès inférieurs » permet de les assimiler à l'Ordovicien du Sahara central. Les grès sont à grain grossier et à dragées de quartz; on observe des zones de galets quartzeux dans la partie inférieure, mais pas nécessairement à la base. La stratification entrecroisée s'y développe régulièrement sur de vastes étendues; elle évoque d'immenses épandages fluviatiles, plutôt qu'une formation marine. On remarque que les schistes précambriens sont rubéfiés partout sur une épaisseur de 2 à 3 m; cette altération de la pénéplaine antépaléozoïque révèle une longue émersion sous un climat particulier.

Gothlandien. — Ce terrain paraît bien défini dans la région de Yey Lulu. Entre les « grès inférieurs » et les « grès supérieurs », s'allonge en effet une zone déblayée dans des couches plus tendres, épaisses d'une trentaine de mètres, dont la séquence s'établit ainsi de bas en haut : psammites micacés, plus ou moins argileux; bancs de grès; grès psammitiques bleutés et grès rouge vif en fines plaquettes contenant deux ou trois niveaux très riches en *Harlania.*

Ces fossiles, malgré leur nature énigmatique, semblent être caractéristiques, au Sahara central et oriental comme en Amérique, du Gothlandien supérieur et de la base du Dévonien. Malgré l'absence de Graptolites, nous pensons que ces couches tendres représentent le Gothlandien. On notera que les faciès fins disparaissent vers le Nord-Est, vers l'Est et vers le Sud-Est, faisant place à des grès grossiers en dalles, mais encore à plaquettes rouges et contenant toujours des *Harlania.*

Dévonien. — Le Dévonien comprend, de bas en haut, trois subdivisions lithologiques, d'une épaisseur globale de 150 m environ.

1. Des grès à dragées de quartz, à stratification entrecroisée très régulière, de faciès identique à celui des « grès inférieurs », forment une falaise découpée en aiguilles, de Yey Lulu jusqu'à Sissé. Aux Monts Kanayé, le passage avec les niveaux tendres sous-jacents se fait par des grès rouge

(1) *Voir* la carte : *Croquis de l'Afrique française au 1/1 000 000e, feuille Djado.*

brique, des conglomérats à petits galets, des grès noirs à dragées, des retours de psammites bleutés, formations torrentielles variées.

2. Des grès en plaquettes, des psammites, des plaquettes rouges, qui dessinent un replat constant au-dessus des « grès supérieurs ». On risquerait, dans des affleurements isolés, de les confondre avec le Gothlandien, n'était l'absence complète de *Harlania*, qui jamais ne se rencontrent à ce niveau.

3. Des grès à *Spirophyton*, tendres ou en bancs compacts. Ils contiennent en plusieurs points une flore à *Archæosigillaria*, *Lepidodendron*, *Archæocalamites*, etc. Le gisement le plus riche est celui du Mont Defirou, où les mêmes plantes fossiles se récoltent sur une épaisseur de plus de 200 m. Cette flore indique le Dévonien supérieur ou le Dinantien inférieur. Les vrais *Spirophyton*, beaucoup plus fréquents que les végétaux, nous ont semblé toujours cantonnés à ce niveau et permettent par conséquent de le cartographier.

Dinantien. — Ce terrain comprend deux termes.

1. Des grès feuilletés, très ferrugineux, à traces de végétaux.

2. Des alternances répétées de grès feuilletés, de marnes verdâtres, de calcaires bleutés ou rosés, en bancs ou en grosses miches, présentant assez souvent la structure « cone-in-cone ». Des grès, situés à la partie supérieure, contiennent un « bone-bed » phosphaté à Poissons au pied de l'Emi Fezzan; les calcaires montrent quelques articles de Crinoïdes. La série que nous avons suivie ainsi entre Sobozo et l'Emi Fezzan, et dont l'épaisseur dépasse 300 m, est le prolongement du Dinantien daté des environs de Madama et du Sud du Fezzan.

Grès de Nubie (Continental intercalaire). — Nous n'avons rencontré les Grès de Nubie en place qu'à l'Emi Fezzan (altitude 840 m), dont ils constituent la pyramide sur 280 m de hauteur. Ce sont des grès ou des quartzites lustrés rouges ou jaunes, à dragées de quartz, en couches horizontales légèrement discordantes sur le Dinantien. Ils se rattachent aux Grès de Nubie du Mangueni. Entre les grès de l'Emi Fezzan et le calcaire bleuté dinantien s'intercale une argile rouge d'une vingtaine de mètres d'épaisseur, base probable des Grès de Nubie.

Des regs à dragées de quartz avec bois silicifiés de type *Dadoxylon*, assez développés entre l'Emi Fezzan et Sobozo, suggèrent une ancienne et notable extension vers l'Est des Grès de Nubie.

Structure. — La région se présente comme un synclinorium de 150 km de diamètre. Les bordures sont formées par le Silurien et le Dévonien, encadrant un Carbonifère qui prend une extension insoupçonnée jusqu'ici.

Entre Zouar et Wour, un vaste panneau de grès ordoviciens plonge doucement vers l'Ouest; il est accidenté de failles généralement Nord-Est-Sud-Ouest. Plus à l'Ouest, les grès du Dévonien inférieur forment une falaise découpée en aiguilles et à relief d'« inselberg ». Entre les deux séries

gréseuses, une dépression est largement déblayée dans les grès à *Harlania*.

Les Monts Logonozou sont déterminés par des anticlinaux dévoniens Nord-Sud. Des dômes aplatis, à cœur ordovicien, s'observent autour de Ziri Betidaï. Le Mont Defirou (altitude 775 m) est un dôme de 7 km de long, orienté Nord-Sud et soulevant le Dévonien supérieur. Dans la région de Sobozo, le Carbonifère est affecté de nombreux brachyanticlinaux, orientés généralement Nord-Sud ou Nord-Nord-Est-Sud-Sud-Ouest, avec des pendages de 5 à 10°. La structure d'ensemble rappelle donc assez celle des bassins carbonifères de la bordure Nord du Sahara central, mais avec, ici, des séries moins épaisses, un Gothlandien gréseux et des structures ordinairement ouvertes.

GÉOLOGIE. — *Silurien du synclinal d'Urville (Calvados). Découvertes paléontologiques et observations nouvelles de sédimentologie.* Note de MM. **Louis Dangeard** et **Francis Doré**, présentée par M. Pierre Pruvost.

Le sondage du Quesnay a permis de découvrir l'existence d'un Gothlandien supérieur à Crinoïdes et de faunes graptolithiques nouvelles pour le Silurien normand. Les études de sédimentologie ont montré en outre comment certains traits de la sédimentation ordovicienne sont perpétués dans le Gothlandien.

Le sondage du Quesnay, profond de plus de 800 m et entièrement carotté, a fourni des résultats scientifiques d'un grand intérêt. Parmi les plus importants il faut signaler d'abord la découverte, à la partie supérieure du Gothlandien, de plusieurs exemplaires de *Scyphocrinus*, genre signalé pour la première fois dans l'Ouest de la France. Les calices, conservés avec les bras et les pinnules, se rencontrent dans des lits de calcaire à entroques, épais seulement de quelques centimètres, qui correspondent à des prairies sous-marines de crinoïdes fossilisés sur place et enfouis sous la vase noire ampélitique.

La série graptolithique recueillie dans le Gothlandien est très complète. Certains échantillons conservés en pyrite montrent le tissu fusellaire des thèques. Le célèbre niveau du « Calcaire de Feuguerolles » (base du Wenlock), décrit dans le Synclinal de May-sur-Orne, a été retrouvé dans le sondage. La présence dans le Gothlandien de fragments de Trilobites constitue un fait également nouveau en ce qui concerne le Nord-Est du Massif armoricain.

Pour l'Ordovicien, il faut d'abord noter l'existence du niveau à *Trinucleus Bureaui* Oehlert (sommet de l'Ordovicien moyen) dans le Synclinal d'Urville. Nous y avons relevé une faune riche comprenant en particulier de nombreux fragments de *Trinucleus* et un Diplograptidé inconnu jusqu'à présent dans cet horizon.

Plus bas, dans le « Grès ferrugineux », qui surmonte les Schistes à Calymènes, ont été trouvés des calices entiers à ornementation conservée, d'un Cystidé, ovoïde et peu bombé, appartenant au genre *Aristocystis*.

Enfin les « Schistes à Calymènes » ont livré à plusieurs niveaux de nombreux exemplaires de *Didymograptus*, ceux de la partie inférieure appartenant à l'espèce *Didymograptus Murchisoni* Beck.

Les études de Sédimentologie ont été grandement facilitées par le poli de la surface des carottes qui souligne en particulier le litage le plus fin ou la stratification entrecroisée la plus délicate. On observe des fentes de retrait dont le remplissage a réagi à la compaction par des plissotements. L'intensité de ceux-ci permet d'évaluer l'importance du tassement dans les sédiments de nature argileuse. Un grand nombre de structures dues à des ravinements contemporains du dépôt, attestent la grande plasticité du sédiment au moment de son accumulation. Les terriers d'animaux fouisseurs abondent; par endroits, la stratification originelle est totalement bouleversée par ces organismes. Ailleurs, certains lits qui avaient une consistance molle s'étirent et ondulent à la manière de plis ptygmatiques. Parfois les bancs sont tronçonnés et les divers fragments écartés les uns des autres : c'est la structure désignée par les géologues de langue anglaise sous le nom de « pull apart ». Un seul échantillon nous a montré des lits contournés et empilés les uns sur les autres qui indiquent un véritable glissement sous-aquatique.

Les diverses manières d'être des nodules calcaires et calcaropyriteux sont intéressantes à étudier. Certains nodules, en particulier ceux du Gothlandien, sont restés en place et l'on peut distinguer plusieurs stades de formation auxquels participe souvent la pyrite. D'autres, remaniés et entourés par une lumachelle constituée de débris de Trilobites, sont caractéristiques de l'Ordovicien. On observe en outre, à plusieurs niveaux, des lits de nodules phosphatés remaniés.

Il faut noter l'abondance en profondeur du calcaire et de la pyrite. Les ampélites et les grès sont souvent calcarifères. La pyrite forme parfois des lits de 1 cm d'épaisseur.

On insiste généralement à juste titre sur les faciès spéciaux au Gothlandien : ampélites chargées de matières organiques, accumulation de débris graptolithiques. Nous voudrions ici attirer l'attention sur certains traits de sédimentation communs à l'Ordovicien et au Gothlandien : présence de « ripple-marks », alternance fréquente de lits schisteux et de passées gréso-calcaires indiquant une sédimentation plus troublée. Le même type de schistes noirs se rencontre dans le Gothlandien, dans les intercalations du Grès de May et les Schistes à Calymènes; les quartzites du Gothlandien inférieur ne se distinguent guère des quartzites ordoviciens.

Il sera nécessaire de tenir compte de tous ces faits si l'on veut retrouver les causes qui ont régi l'évolution du bassin sédimentaire normand à l'époque silurienne.

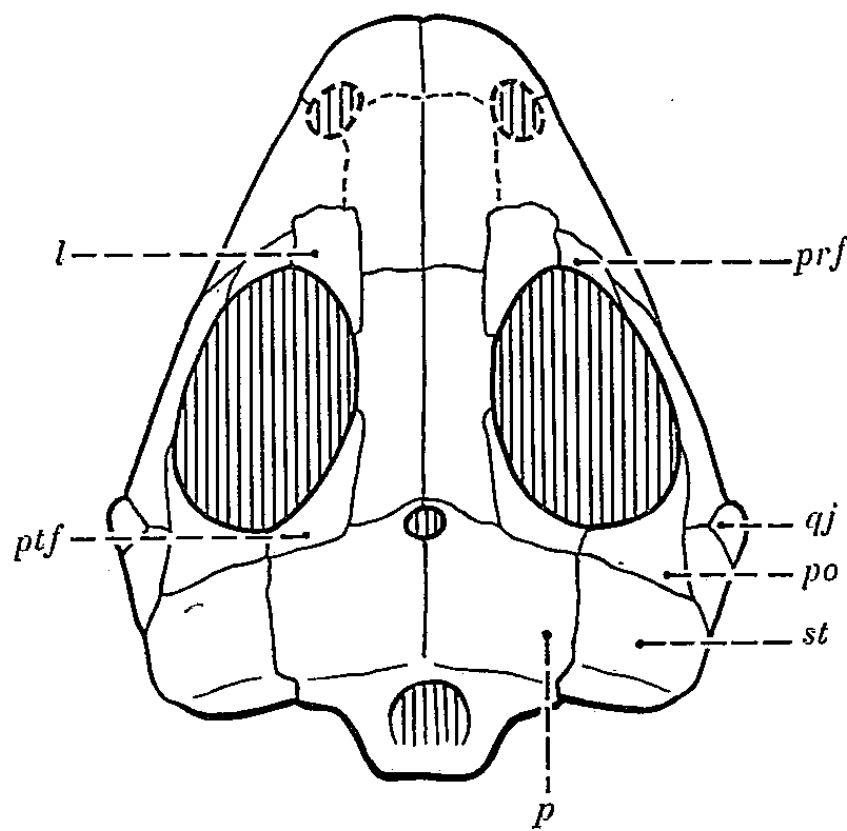
PALÉONTOLOGIE. — *Existence d'un Reptile du groupe des Procolophonidés à Madagascar. Conséquences stratigraphiques et paléontologiques*. Note (*) de M. **Jean Piveteau**, présentée par M. Charles Jacob.

La base de la série sédimentaire dans la partie occidentale de Madagascar est constituée par un ensemble de schistes et de grès, s'étendant en une bande continue du Nord au Sud de l'Ile. Ce système détritique comprend, de bas en haut, la série de la Sakoa, celle de la Sakamena, celle de l'Isalo. Dans les niveaux inférieurs de la série de la Sakamena, tout près du village de Ranohira, H. Besairie a recueilli un genre nouveau de Reptiles dont je me propose de souligner, dans la présente Note, le grand intérêt du point de vue de la paléontologie et de la stratigraphie.

Il s'agit d'un Cotylosaurien, de la famille des Procolophonidés, inconnue jusqu'ici à Madagascar. Je n'en évoquerai que quelques traits structuraux.

Le crâne, d'allure encore primitive, est aplati et élargi. Il ne montre point les spécialisations observables chez les représentants triasiques de cette famille, tels que l'existence d'apophyses du supratemporal et du quadratojugal, l'agrandissement considérable des orbites, etc. La figure ci-dessous donne les rapports et connexions des composants de la voûte dermique.

Tout l'ensemble cranien a pu d'ailleurs être étudié avec autant de précision que sur un



Barasaurus Besairiei. Crâne vu par dessus.
l, lacrymal; *po*, post-orbitaire; *prf*, préfrontal;
ptf, post-frontal; *p*, pariétal; *st*, supratemporal; *qj*, quadratojugal.

(*) Séance du 31 octobre 1955.

type vivant. Le basioccipital présente un condyle aplati et borde inférieurement le foramen magnum, limité latéralement par les exoccipitaux et au-dessus par le supra-occipital. Le carré, élevé, descend obliquement vers l'avant; son condyle paraît divisé en deux parties. Le *stapes* (columelle + extracolumelle) est visible et, sur une échancrure du squamosal, s'insère la membrane tympanique partiellement conservée par la fossilisation. Le dessin des canaux semi-circulaires a pu être mis en évidence. Sur la face inférieure du crâne, on observe, en avant du basioccipital, le basisphénoïde avec ses apophyses basiptérygoïdes, le parasphénoïde qui se prolonge par un processus cultriforme, et des ptérygoïdiens élargis. Un ectoptérygoïde réduit subsiste.

Les vertèbres sont de type cotylosaurien et la colonne vertébrale se termine par une queue relativement courte. Les ceintures pectorale et pelvienne, les membres antérieurs et postérieurs ont pu être reconstitués dans tous les détails de leur structure.

L'appartenance du Reptile de Madagascar à la famille des Procolophonidés est indiscutable. L'humérus est semblable à celui du genre sud-africain *Procolophon*, mais plus robuste; le carpe n'en diffère que par la présence d'un os central supplémentaire; la ceinture pectorale (avec ses deux éléments coracoïdiens), la ceinture pelvienne, le tarse, le cinquième métatarsien avec sa tête légèrement incurvée, sont également du même type. La morphologie cranienne rapproche étroitement le fossile malgache du genre *Owenetta* trouvé en Afrique australe, dans la zone à *Cisticephalus*. L'état de conservation de la forme africaine est insuffisant pour établir une comparaison précise, mais les analogies observables permettent d'affirmer les étroites affinités des deux Reptiles et de conclure ainsi qu'ils sont approximativement du même âge. Par suite, le niveau inférieur de la série de la Sakamena à Madagascar, peut être considérée comme synchronique de la zone à *Cisticephalus* du Karroo africain; autrement dit, il est d'âge permien supérieur.

Il n'en convient pas moins de proposer une appellation nouvelle pour le Reptile de Madagascar. Nous le désignerons sous le terme de *Barasaurus besairiei*, du nom de la population Bara qui habite la région de Ranohira.

Dès le Permien supérieur, la famille des Procolophonidés présentait une vaste répartition géographique. Nous la connaissons maintenant d'Afrique australe, de Madagascar et de Russie (série de Mesen, un peu plus ancienne sans doute que la zone à *Cisticephalus*). Nous avons là un nouvel argument pour rejeter l'individualité d'un continent de Gondwana à la fin des temps paléozoïques. Au Trias inférieur, les Procolophonidés sont encore représentés en Afrique australe, en même temps qu'ils s'étendent sur l'Europe où ils persisteront jusqu'au Trias moyen (niveau de Lossiemouth d'Écosse); ils ont alors également atteint la Chine. Au Trias inférieur, ils pénètrent en Amérique du Nord. Durant cette longue histoire, les changements évolutifs se traduisent par des modifications de la forme du crâne, un agrandissement des orbites, une réduction du nombre des dents, un allègement des membres.

Les Procolophonidés appartiennent à la série des Sauropsidés, définie par le fait que le *stapes* relie la membrane de la fenêtre ovale à la membrane tympanique, et ils représentent, au point de vue écologique, dans la faune du Permien supérieur et du Trias inférieur, le « type lézard ». Mais le Reptile de Madagascar, considéré dans sa morphologie cranienne, montre que les Procolophonidés ont eu d'étroites affinités avec le groupe de Cotylosauriens Diadectomorphes qui a donné naissance aux divers ordres de Sauropsidés. Toutefois, ils sont déjà loin de la souche de ceux-ci et nous aident seulement à concevoir la structure d'une forme ancestrale. D'ailleurs, la variété de types rencontrés dans le Permien supérieur de Madagascar suggère que cette période marque le début de l'essor des Reptiles Sauropsidés, dont le plein épanouissement se placera tout au long de l'ère secondaire.

MICROPALÉONTOLOGIE. — *Sur les sclérites d'Alcyonaires fossiles et leur classification.* Micralcyonarites *manip. nov. du Miocène moyen d'Australie.* Note de Mme **Marthe Deflandre-Rigaud**, présentée par M. Maurice Caullery.

L'étude des sclérites d'Alcyonaires fossiles présents dans les roches sédimentaires issues de vases marines a été fortement négligée jusqu'ici. De nombreux types découverts dans le Balcombien d'Australie permettent de jeter les bases d'une classification morphologique de ces vestiges microscopiques, qu'il n'est pas possible de rapporter à des espèces ou à des genres linnéens.

Dans sa récente révision des Alcyonaires fossiles, J. Alloiteau (1) admet parmi les *Pennatulidæ*, en accord avec G. Lucas (2), les *Cancellophycus*, mais leurs microstructures sont considérées seulement comme *paraissant* identiques à des sclérites. Pour les autres genres d'Alcyonaires énumérés dans cette révision, les sclérites, non mentionnés, sont pour la plupart inconnus. Le seul document publié, semble-t-il, sur d'indubitables sclérites d'Alcyonaires fossiles [*Nephthya cretacea* Počta (3)] n'a été reproduit que par M. F. Glaessner (4).

L'étude de ces sclérites dans les roches sédimentaires issues de vases marines où. détachés de leurs polypiers d'origine, ils accompagnent les autres microfossiles, a donc été entièrement négligée jusqu'à présent (5).

(1) *In* J. Piveteau, *Traité de Paléontologie*, 1, 1952, p. 410-414.

(2) *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 1914.

(3) *Sitzber. k. Wiss. Acad.*, Wien, 1885, p. 7-12, 1 pl.

(4) *Principles of Micropaleontology*, Melbourne, 1945, *pl.* 3, f. 10 *b*.

(5) M. F. Glaessner, d'Adelaide, Australie (communication verbale du 5 juillet 1955) a bien voulu me confirmer qu'à sa connaissance, aucune publication n'avait été faite sur ce sujet. Lui-même a vu des sclérites d'Alcyonaires dans le Tertiaire de la Nouvelle-Guinée (fréquents), ainsi que dans le Crétacé de Bohême et dans l'Oural (observations inédites).

Elle présente cependant un intérêt indéniable, aussi bien stratigraphique qu'écologique.

Grâce à la découverte, dans le Miocène moyen d'Australie ([6]), de nombreux spécimens appartenant à des types bien diversifiés, j'ai pu entreprendre cette étude et jeter les premières bases d'une classification.

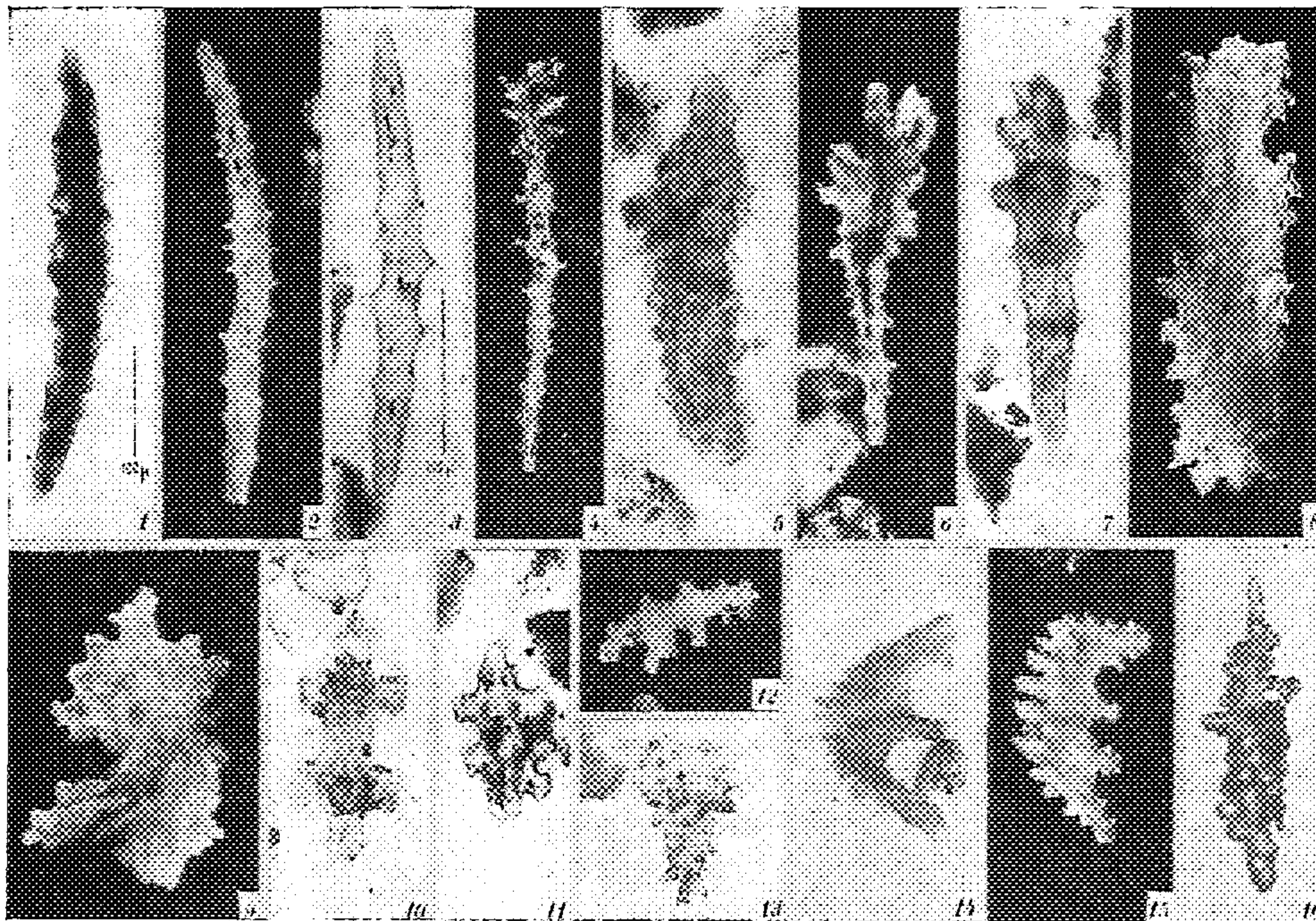


Fig. 1 à 16. — Sclérites d'Alcyonaires fossiles.

1, *Micralcyonarites* manip. nov. *vulgaris* cent. nov.; 2, *M. fusticulus* cent. nov.; 3, *M. fusunculus* cent. nov.; 4, *M. scopula* cent. nov.; 5, *M. perverrucosus* cent. nov.; 6, *M. alloiteaui* cent. nov.; 7, *M. clava* cent. nov.; 8, *M. laminosus* cent. nov.; 9, *M. hystrix* cent. nov.; 10, *M. corrallioides* cent. nov.; 11, *M. verticillatus* cent. nov.; 12, *M. pedigerus* cent. nov.; 13, *M. speciosus* cent. nov.; 14, *M. tripes* cent. nov.; 15, *M. cornutitergum* cent. nov.; 16, *M. gallicus* cent. nov.; 1 à 15, Miocène moy., Balcombien, Balcombe Bay, Victoria, Australie,; 16, Lutétien, Fleury-la-Rivière, Marne. Fig. 1, 2, 4 : gross. 208 env.; les autres fig. : gross. 312 env. Fig. 2, 4, 6, 8, 9, 12, 15, en lumière polarisée, nicols croisés.

Le dépouillement de nombreux travaux sur les Alcyonaires actuels et leurs sclérites, m'a apporté la conviction qu'il est illusoire d'attribuer des sclérites isolés à des espèces linnéennes et même, sauf d'éventuelles et rares exceptions, à des genres déjà connus. Ainsi les sclérites classés par Počta (*loc. cit.*) dans le genre *Nephthya*, ou plus correctement *Nephthea*

([6]) Marnes de l'étage balcombien de Balcombe Bay, Victoria, dues à l'obligeance de Miss I. C. Cookson. Foraminifères étudiés par Chapman et ses collaborateurs (1907-1934). Microplancton décrit par G. Deflandre et I. C. Cookson (*Austr. J. Mar. Freshw. Res.*, 6, 1955, p. 301).

Savigny (7), pourraient, avec autant de raisons, être attribués à dix genres différents (8).

Il faut, en conséquence, adopter pour les sclérites fossiles d'Alcyonaires une classification purement morphologique, analogue à celle des sclérites d'Holothuries fossiles (9). Je propose donc de réunir dans le manipule nouveau *Micralcyonarites* (10), tous les sclérites caractéristiques d'Alcyonaires fossiles, en répartissant, dans un certain nombre de centuries, les divers types morphologiques, dont plusieurs avaient été déjà distingués, ici-même, par Valenciennes, il y a très exactement un siècle (11).

Aux formes du Miocène australien (*fig.* 1 à 15), j'ajouterai une forme française trouvée au cours de l'examen cursif d'un matériel lutétien (*fig.* 16).

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Les glucides du Blé.*

Note de M. **Jules Carles**, présentée par M. Raoul Combes.

Le blé accumule ses glucides sous deux formes, l'une provisoire, les monoglucofructoholosides, l'autre stable, l'amidon. L'amidon est accompagné de raffinose et finalement de maltose. Les fructoholosides abondent en termes moyens pendant les seules périodes d'accumulation active.

Le blé accumule ses glucides dans le grain sous forme d'amidon que l'on ne retrouve nulle part ailleurs dans la plante. Étudiant ces glucides, H. Colin et H. Belval (1) montrèrent que les précurseurs de l'amidon sont, avec le saccharose et ses deux composants, le glucose et le fructose, des osides riches en fructose qu'ils unifièrent sous le nom de lévosine. Les méthodes nouvelles d'analyse, la chromatographie en particulier, ont permis d'apporter beaucoup de précisions sur la nature de ces glucides et leurs variations au cours de la vie de la plante.

On admet de plus en plus que les fructoholosides courants appartiennent à la même famille dont le point commun est une molécule de glucose

(7) *Cf.* Roxas, *Philip. J. Sc.*, 50, 1933, p. 407.

(8) *Acabaria*, *Cactogorgia*, *Dendronephthya*, *Heterogorgia*, *Muricella*, *Nicella*, *Sarcophyton*, *Sinularia*, *Versluysia*, *Villogorgia*.

(9) *Cf.* M. Deflandre-Rigaud, Classe des Holothurides, *in* J. Piveteau, *Traité de Paléontologie*, 3, 1953, p. 363-372.

(10) *Micralcyonarites* manip. nov. Sclérites calcaires fossiles d'Alcyonaires, à microstructure généralement fibreuse, le plus souvent verruqueux ou épineux, rarement lisses, de formes variées : fuseau, massue, bâtonnet, haltère, plaque, etc. Type : *Micralcyonarites vulgaris* cent. nov. Ici se place *M. cretacea* (Počta) Deflandre-Rigaud = *Nephthya cretacea* Počta 1885.

(11) *Comptes rendus*, 41, 1855, p. 7.

(1) *Comptes rendus*, 175, 1922, p. 1441; H. Belval, *Rev. Gén. Bot.*, 36, 1924, p. 308.

à laquelle s'ajoute un nombre plus ou moins grand de molécules de fructose ([2]); le plus volumineux serait l'inuline avec environ 35 mol de fructose pour une de glucose, et le plus petit le saccharose avec une seule molécule de fructose. Ce groupe pourrait être appelé celui des *monogluco-fructo-holosides*.

Pour simplifier l'exposé, nous désignerons par III le trihexose (glucose + 2 fructoses), par IV le tétrahexose (glucose + 3 fructoses), par V le pentahexose (glucose + 4 fructoses) et par X l'ensemble de tous les homologues supérieurs.

Dans la chromatographie sur papier, nous avons remarqué, soit avec le solvant de Partridge (butanol-acide acétique-eau, 4-1-5), soit avec le solvant de Chollet (acétate d'éthyle-acide acétique-eau, 9-4-3) que le III suit le maltose, à peu près au niveau du lactose; le IV se situe au niveau du raffinose ou légèrement en retard, le V est un peu en avance sur le stachyose et le X, avec un très faible Rf ne s'écarte guère du point de départ. Les acides étendus (solution chlorhydrique N/10) les hydrolysent tous sans exception comme le montre la chromatographie effectuée après leur action, tandis que l'hydrolyse diastasique à l'invertase, après avoir rapidement détruit le saccharose, les attaque d'autant plus lentement qu'ils ont un poids moléculaire plus élevé. Cette hydrolyse par les acides étendus permet à la chromatographie de discerner avec certitude la présence des glucides n'appartenant pas à cette famille, le raffinose par exemple qu'elle change en mélibiose : il en résulte que tout le fructose est libéré et qu'on ne trouve pas trace de cétoses à l'intérieur du cercle du glucose en chromatographie circulaire, ou en arrière de lui en chromatographie descendante. La chromatographie circulaire permet le diagnostic même sans hydrolyse par comparaison des différents quartiers traités par des révélateurs différents.

Nous avons suivi l'évolution de ces glucides dans les limbes, les gaines, les nœuds, les entre-nœuds, l'épi avec ou sans grains et les grains seuls. Le glucide le plus constant est le saccharose toujours présent; il est accompagné de ses deux composants, le glucose et le fructose. Au début, le glucose l'emporte de beaucoup sur le fructose, tandis que se construisent les fructo-holosides, mais dès qu'avec les grains commence la synthèse massive de l'amidon, le fructose l'emporte à son tour, surtout dans les grains où les oses disparaissent presque, vers la fin de la maturation, pour réapparaître dans les grains mûrs.

La biochimie du blé est dominée par son active synthèse orientée d'abord

---

([2]) R. Dedonder, *Les glucides du Topinambour* (*Thèse doctorat ès Sciences*, 1952); D. J. Bell et A. Palmer, *J. Chem. Soc.*, 1952, p. 3763; A. M. Mac Leod, *J. Inst. of Brewing*, 1953, p. 402.

vers les glucofructoholosides et la cellulose, puis vers l'amidon lorsque cesse pratiquement avec la croissance la synthèse de la cellulose. Chaque partie de la plante joue son rôle spécial, comme nous espérons le montrer plus tard; du point de vue biochimique, chacune traverse une période d'enrichissement suivie d'une période d'appauvrissement lorsque tout s'oriente vers l'approvisionnement du grain.

Parmi les monogluco-fructoholosides, le III et le X sont ordinairement les plus abondants, le X surtout : ce sont pratiquement les deux seuls qu'on trouve dans les limbes, en petite quantité d'ailleurs, et c'est pourquoi ils ont passé si longtemps inaperçus. Dans la gaine des feuilles et les entre-nœuds, IV et V prennent de l'importance, mais ils s'affaiblissent et disparaissent presque lorsque ces organes se vident : les gaines jaunies, par exemple, se distinguent de leurs voisines encore vertes par une notable diminution de leurs fructoholosides, surtout IV et V, tandis qu'abondent les oses. Cette situation se généralise dans toute la plante au moment de la maturation et lorsque la gaine ou les entre-nœuds sont près de se dessécher, ils en arrivent à une constitution glucidique voisine de celle du limbe à prédominance importante du saccharose et des oses.

Avant même la floraison, l'épi est riche en glucose; le saccharose est assez peu abondant, égalé par le III, mais le IV, le V et les X l'emportent de beaucoup, pour un temps assez bref d'ailleurs car la floraison commence, grande consommatrice de glucides : les épis voient alors disparaître presque entièrement leurs fructoholosides qui, dès la fin de la floraison, réapparaissent pour ne plus disparaître.

Tandis que le rachis et les glumes suivent le sort commun des autres parties de la plante et se vident de leurs glucides vers la fin de la maturation, le raffinose apparaît dans le grain, mais il n'est abondant qu'à partir de la maturation farineuse. Le maltose, comme l'avaient bien vu H. Colin et H. Belval, n'est pas sur le chemin de la synthèse de l'amidon mais sur celui de l'hydrolyse et nous le voyons apparaître en faible quantité très tard : le grain a cessé de croître, il se stabilise.

BOTANIQUE. — *Obtention de nombreuses souches de* Neurospora tetrasperma *par l'acide indol-β-acétique*. Note de M. **François Nysterakis**, transmise par M. Henri Gaussen.

L'ensemencement de *N. tetrasperma* dans un milieu contenant de l'acide indol-β-acétique permet d'isoler des souches fertiles à asques et ascospores anormaux et des souches stériles. Les dernières se distinguent entre elles par leur capacité à former ou non des arthrospores, leur pigmentation, leur vitesse de croissance ou encore par les dimensions de leurs « ébauches périthéciales », leur diamètre va de 40 μ jusqu'à 250 μ.

Ces expériences ont débuté en 1953. Nous avons cru néanmoins néces-

saire d'attendre que certaines des souches isolées aient subi, dans divers milieux dépourvus d'auxine, leur 30e repiquage pour en conclure.

Malgré la grande stabilité de *N. tetrasperma*, quelques mutations sectoriales naturelles ont déjà été observées et étudiées, principalement par Dodge. Pour cette raison, aucun traitement à l'acide indol-β-acétique (AI) ou repiquage de souches isolées n'a été entrepris sans que notre souche originale (provenant du Muséum de Paris) ne soit cultivée parallèlement. Nous n'avons observé aucune mutation sectoriale naturelle au cours de 3 000 sous-cultures de cette souche dans des milieux sans AI. Par contre, en présence de 0,5 à 1 g/l d'auxine, un nombre beaucoup moins élevé de cultures nous a permis d'isoler plusieurs souches nouvelles. Seize d'entre elles, les plus représentatives, étant actuellement à leur 30e repiquage, conservent leurs caractères nouveaux. Ce fait ne semble pas laisser de doute sur le déterminisme de l'auxine.

Le procédé consiste à ensemencer dans des Erlenmeyers (10 à 20 à la fois) contenant le milieu synthétique de Westergaard et Mitchell (1947), non solidifié et enrichi de AI, des filaments ou des arthrospores de *N. tetrasperma* provenant d'une même culture. Un nombre égal de récipients sans AI est ensemencé à partir du *même* tube. Toutes les fois qu'une des cultures traitées présente une morphologie particulière, elle est repiquée [1] comme précédemment, une, deux ou trois fois encore, dans des milieux neufs. Par la suite, les souches nouvelles présumées stables sont repiquées (dans cinq à dix tubes chacune et en même temps que la souche originale) dans divers milieux sans AI; en général, moût de bière, extrait de farine ou de pomme de terre plus glucose, solidifiés.

Dans le tableau ci-après sont mentionnés les principaux cas observés lors des traitements à 1 ‰ de AI. Les autres caractères signalés au début accompagnent ou non surtout les souches stériles. Il est malaisé de les inclure dans ce tableau. Dans le cas le plus favorable, sur dix Erlenmeyers contenant AI, deux cultures se sont montrées stériles et « aconidiales » dès le premier traitement (exemple, cas III); les autres se sont comportées comme le cas II. Mais dans l'ensemble de ces expériences, 5 % en moyenne de nos cultures traitées se sont comportés comme les cas III, IV, V; le reste, comme II. Il faut ajouter que parfois, pour des raisons non encore précisées, quelques cultures ne se développent pas pendant le premier traitement.

Nous pouvons retenir de ces expériences, d'une part, que l'emploi de l'auxine nous permet d'isoler à partir de *N. tetrasperma* des souches nouvelles; d'autre part, que toutes les cellules initialement ensemencées dans

---

[1] Le même principe est appliqué aussi pour les cultures témoins mais dans ce cas, elles sont uniquement repiquées dans des milieux dépourvus d'AI.

un même récipient ne sont pas toujours modifiées au même degré par l'auxine. Il en résulte souvent des « populations » de filaments et nous assistons aux conséquences que cela implique. Nos connaissances sur l'hétérocaryose et le déterminisme de la sélection suffiraient à justifier les apparentes anomalies des cas IV et V du tableau.

Nombre de repiquages / Cas	I	II	III	IV			V		
1	**10**/B	10/AI	0/AI	0/AI			0/AI		
2	**10**/B	10/AI	0/B	4/B		0/AI	6/B	3/AI	
3	**10**/B	10/AI	0/B	0/B	4/B	0/B	8/B	3/B	0/AI
4	**10**/B	10/B	0/B	0/B	6/B	0/B	**10**/B	4/B	0/B
5	**10**/B	10/B	0/B	0/B	10/B	0/B	**10**/B	4/B	0/B
6 à 32	id	X	id.	id.	id	id.	X	X	id.
33	**10**/B	X	0/B	0/B	10/B	0/B	X	X	0/B

B, milieu de base; AI, + auxine; O, souches stériles. Le signe × : souches abandonnées. La note **10** : grand nombre de périthèces à asques et ascospores normaux. Le 10 : même nombre de périthèces, soit tous normaux, soit présentant, pour la plupart, des anomalies, attribuées par Dodge (1934-1938) à des gènes léthals et à des facteurs de stérilité additionnels. La note 3, par exemple indique 50 périthèces environ, normaux ou anormaux, se formant *très* tard.

Nous reviendrons incessamment sur ce point ainsi que sur les données fournies par la confrontation de souches stériles. Nous indiquerons en outre le comportement des quelques souches monospores issues du croisement d'une souche stérile avec une autre auto-fertile. La nature des variations provoquées sera ainsi mieux définie. Mais dès à présent nous pouvons nous demander si le déterminisme du nombre relativement élevé des mutations naturelles isolées et étudiées, à partir d'un autre ascomycète tétrasporé (Rizet et Engelmann, 1949), ou encore de la perte, souvent rapide, de leur fertilité n'est pas le même que celui de nos souches. L'utilisation fréquente du crottin de cheval frais, dès la germination des ascospores de *Podospora anserina*, nous autorise à entrevoir un certain parallélisme.

MYCOLOGIE. — *Amphithallie et hétérocaryose chez un Basidiomycète bipolaire,* Stropharia umbonatescens *Peck.* Note de M[me] **Paule Terra**, présentée par M. Roger Heim.

En bouturant les extrémités d'hyphes de jeunes germinations diploïdes, l'auteur a isolé des mycéliums haploïdes appartenant aux mêmes groupes de polarité que les haplontes naturels. Ces germinations sont donc hétérocaryotiques.

Le carpophore de *Stropharia umbonatescens*, portant des basides bisporiques et étant formé d'hyphes régulièrement bouclées, nous pouvions penser que cette espèce est, soit homothallique, soit amphithallique. On sait que l'amphithallie est définie par le fait que certains mycéliums monospermes sont bouclés et diploïdes alors que d'autres sont sans boucles et haploïdes.

Pour reconnaître l'amphithallie d'une espèce, il est souvent nécessaire d'examiner un grand nombre de cultures monospermes, car les mycéliums haploïdes peuvent être rares. En fait, sur 463 germinations indiscutablement monospermes, 422 ont donné naissance à un mycélium pourvu d'anses d'anastomose; le seul mycélium bouclé étudié cytologiquement n'a montré que des articles binucléés. 41 mycéliums d'origine monosperme (soit moins de 9 °/₀₀) se sont révélés non bouclés; trois d'entre eux ont été soumis à une coloration après fixation, qui a mis en évidence leur cénocytie.

La confrontation de ces haplontes entre eux nous a permis de reconnaître deux groupes de polarité. Étant donné le nombre des haplontes confrontés il est raisonnable de conclure à la bipolarité de l'espèce. Celle-ci est d'autant plus vraisemblable que l'espèce tétrasporique voisine *Stropharia semiglobata* (Batsch) a été reconnue aussi bipolaire ([1]). *Stropharia umbonatescens* est donc amphithalle bipolaire.

L'amphithallie coexistant avec la bisporie, l'hypothèse que les mycéliums monospermes bouclés sont hétérocaryotiques venait immédiatement à l'esprit.

D. Lamoure ayant reconnu antérieurement que les jeunes germinations de *Stropharia umbonatescens* sont cénocytiques ([2]), nous pouvions espérer démontrer expérimentalement l'hétérocaryose de nombre d'entre elles; ce qui, à notre connaissance, n'a pas été réalisé jusqu'ici chez les Basidiomycètes.

Nous pouvions imaginer en effet que, si les noyaux sont répartis de façon irrégulière, certains bouts d'hyphes ne renferment que des noyaux d'une seule sorte.

([1]) K. Oikawa, *Sc. Rep. Tôhoku Univ.*, 6, 1931.
([2]) D. Lamoure, *Ann. Univ. Lyon*, C, 8, 1954, p. 21-55.

Des spores ont été mises à germer en semis très clair sur des lames gélosées. Au bout de 36 à 48 h les germinations étaient bien développées. Nous avons sectionné à l'aide de fins scalpels plusieurs extrémités d'hyphes, et transporté chacune d'elles dans un tube de culture. La partie centrale de la germination a été ensuite prélevée et repiquée. Trente germinations ont été ainsi opérées. Au bout d'un mois le mycélium développé à partir du centre des germinations était bouclé dans 29 d'entre elles. Pour celles-ci, 139 boutures d'extrémités d'hyphes (sur les 151 effectuées) avaient bien poussé; 114 se sont révélées bouclées et 25 sans boucles.

Nous désignerons ces dernières par le terme de « néohaplontes » employé par N. Fries et K. Aschan ([3]), pour désigner des haplontes obtenus sur un diplonte sans intervention de caryogamie et de réduction chromatique.

Ces néohaplontes ne diffèrent pas des haplontes ordinaires au point de vue cytologique si nous en jugeons par l'étude de trois d'entre eux qui se sont montrés cénocytiques.

Ils n'en diffèrent pas non plus au point de vue génétique, du moins en ce qui concerne les facteurs de polarité.

La confrontation de ces néohaplontes entre eux, nous a montré qu'ils appartenaient à deux groupes de polarité, comme les haplontes ordinaires.

Le tableau suivant, qui expose les résultats des confrontations de 6 haplontes avec 6 néohaplontes, nous montre clairement que les deux pôles des néohaplontes correspondent exactement aux deux pôles des haplontes, et ceci est une preuve supplémentaire de la bipolarité de l'espèce.

			Haplontes.					
			I.			II.		
			4.	8.	12.	7.	11.	17.
Néohaplontes.	I.	1.	−	−	−	+	+	+
		2.	−	−	−	+	+	+
		4.	−	−	−	+	+	+
	II.	6.	+	+	+	−	−	−
		7.	+	+	+	−	−	−
		9.	+	+	+	−	−	−

L'étude cytologique et génétique des néohaplontes nous conduit donc à l'hypothèse que la dissection qui leur a donné naissance à partir de

([3]) *Svensk Botanisk Tidskrift*, 46, n°s 3-4, 1952, p. 429-445.

germinations diploïdes n'a fait que séparer des noyaux de pôles différents qui se trouvaient mélangés dans celles-ci. De plus, dans deux cas, nous avons réussi à obtenir, en opérant une germination diploïde, deux haplontes de pôles complémentaires (il faut noter que 5 germinations seulement sur 30 ont donné plus d'une bouture sans boucles). La microdissection démontre donc une hétérocaryose des germinations.

L'amphithallie suggère d'autre part que les noyaux d'une même spore qui donnera un mycélium diploïde sont déjà différents. La différenciation polaire des noyaux est donc vraisemblablement en rapport étroit avec la réduction chromatique qui a donné les noyaux de ces spores.

PHYSIOLOGIE. — *Un aspect de la croissance biochimique du télencéphale chez l'embryon de Poulet.* Note de M. **Jean Schwander**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

L'évolution de l'azote total et du phosphore de l'acide désoxyribonucléique a été suivie, en fonction du stade morphologique de croissance et du temps, dans le télencéphale de l'embryon de Poulet.

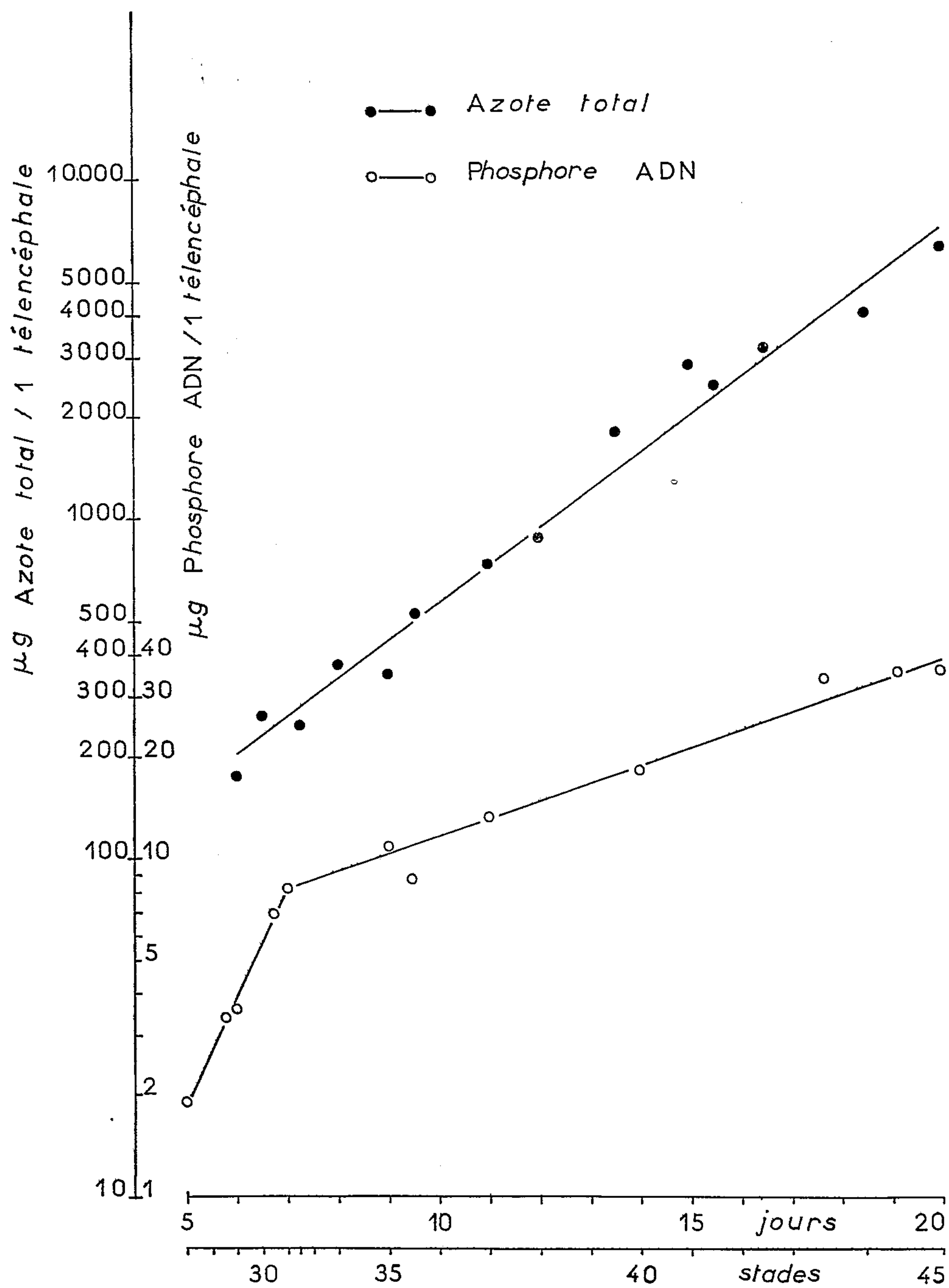
En nous inspirant des suggestions contenues dans un récent travail portant sur une étude de la physiologie du développement du mésencéphale chez l'embryon de Poulet (1), nous avons été conduit à entreprendre des recherches du même ordre au niveau du télencéphale chez ce même embryon.

Notre première préoccupation a été de choisir des bases de référence suffisamment représentatives de la croissance biochimique du tissu télencéphalique. Pour les raisons invoquées antérieurement (1), (2) nous rapportons la croissance, d'une part à l'azote total, d'autre part au phosphore de l'acide désoxyribonucléique. Ce travail préliminaire fait l'objet de la présente Note.

Les embryons appartiennent à la race Rhode-Island, leur développement est apprécié morphologiquement en le rapportant aux stades définis par Hamburger et Hamilton (3). Les lobes télencéphaliques sont prélevés, en chambre réfrigérée à la température moyenne de + 2° C, dans du liquide physiologique (solution de NaCl à 9 ‰); en vue de l'extraction de l'acide désoxyribonucléique, ces lobes sont homogénéisés dans de l'eau bidistillée à l'aide d'un appareil de Potter en matière plastique (« Teflon »). L'homogénéisat est soumis à la technique de Schmidt et Thannhauser (4) modifiée (5), le phosphore de l'acide désoxyribonucléique étant dosé suivant la

(1) J. Gayet, *Arch. Sc. Physiol.*, 9, 1955, p. 11.
(2) J. Gayet et J. Schwander, *Comptes rendus*, 239, 1954, p. 624.
(3) *J. Morphol.*, 88, 1951, p. 49.
(4) *J. Biol. Chem.*, 161, 1945, p. 83.
(5) W. C. Schneider, *J. Biol. Chem.*, 164, 1946, p. 747.

méthode de Berenblum et Chain ([6]), ([7]). L'azote total est évalué sur des lobes intacts ([1]).



([6]) *Biochem. J.*, 32, 1938, p. 286.

([7]) J. M. Wiame, *Biochim. et Biophys. Acta*, 1, 1947, p. 234.

Les expériences vont du stade 27 (5e jour de la croissance) au stade 45 (début de l'éclosion). Les résultats, exprimés en microgrammes d'azote et de phosphore pour un télencéphale, sont représentés dans le graphique (systèmes de coordonnées semi-logarithmiques).

Nous constatons que l'azote total tissulaire croît régulièrement, la concentration passant de 175 μg au stade 29 (6e jour) à 6295 μg au stade 45 (20e jour). L'évolution de la concentration en phosphore de l'acide désoxyribonucléique se fait suivant deux phases : du stade 27 (5e jour) au stade 31 (7e jour) cette concentration passe de 2 à 8 μg, soit un accroissement quotidien moyen de 4 μg, puis du stade 31 à l'éclosion elle passe de 8 à 34 μg, soit un accroissement quotidien moyen de 2 μg.

Les études que nous poursuivons à l'heure actuelle nous permettront de tenter de relier ces premiers résultats à ceux obtenus par la mesure de la consommation d'oxygène chez le télencéphale intact et que nous espérons publier très prochainement.

BIOMÉTRIE. — *Considérations sur le calcul des transmissions héréditaires des caractères spécifiques quantitatifs dans les hybridations entre* Gryllus campestris L. *et* G. bimaculatus *de Geer.* Note de Mlle **Germaine Cousin**, présentée par M. Maurice Caullery.

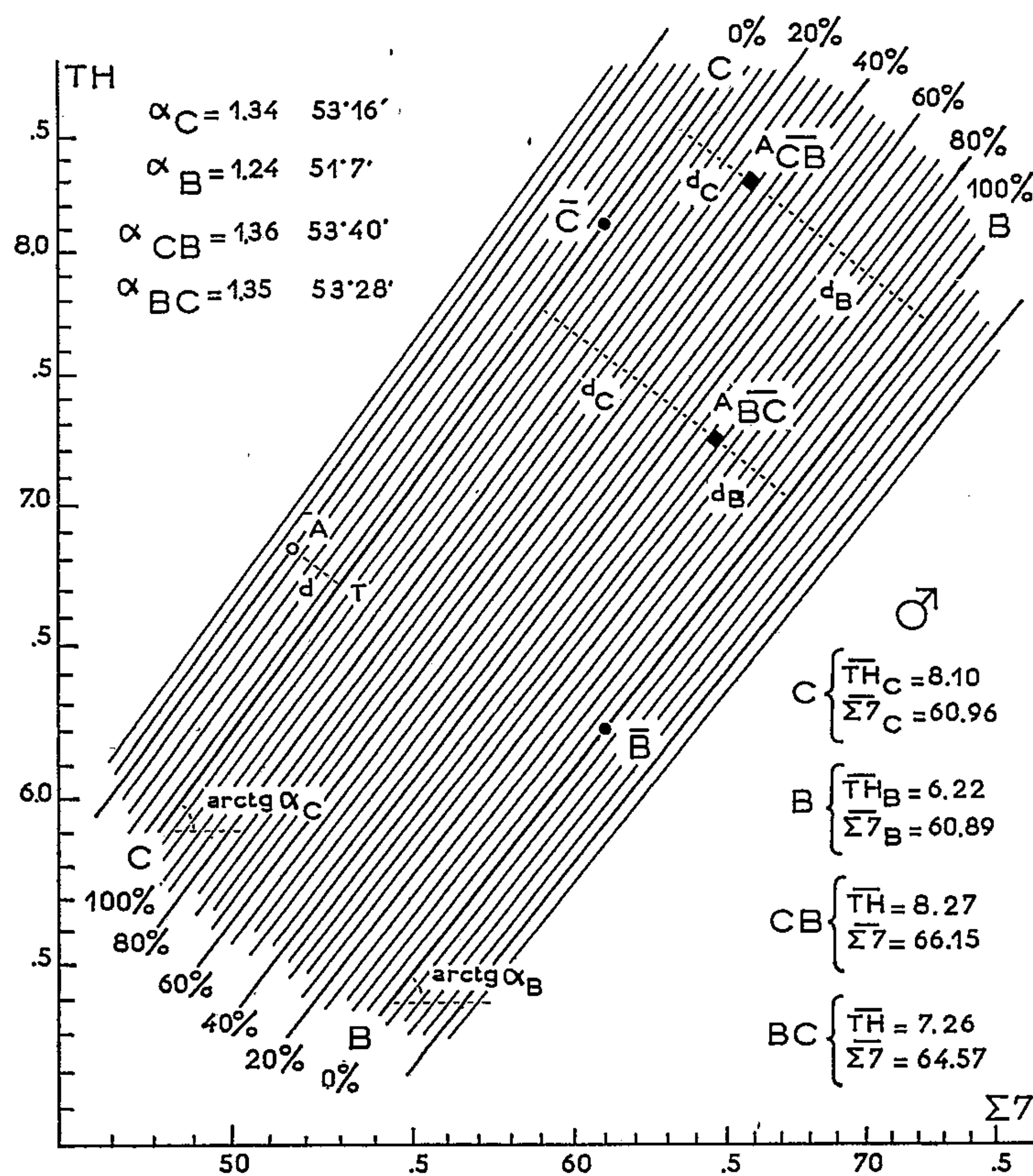
L'étude biométrique des espèces *G. campestris* (*C*) et *G. bimaculatus* (*B*) a permis de déterminer des caractères morphométriques qui séparent les deux espèces [1]. La répartition des points figuratifs des caractères mesurés pris deux à deux, en forte corrélation, donnent des nuages spécifiques plus ou moins proches. En coordonnées logarithmiques, des droites figuratives, de pente α, peuvent les représenter. Pour ces mêmes caractères, les 14 groupes hybrides, F_1, F_2, $P \times F_1$ et $F_1 \times P$ sont diversement intermédiaires, selon leur constitution génétique. Les mesures des hybrides F_1 sont également en forte corrélation. Leurs droites figuratives sont situées dans l'espace compris entre celles des deux parents. Il est donc possible de définir les parentés des groupes *CB* et *BC* par un calcul basé sur les positions respectives des droites figuratives de *C*, *B*, *CB* et *BC*. Mais les hybrides F_2 et back-cross étant en principe hétérogènes, seules les parentés individuelles seront considérées.

Le calcul des parentés quantitatives est complexe, en raison de la variabilité, de l'allométrie, de l'hétérosis des caractères. Dans les calculs où n'entrent pas toutes ces variables, les résultats restent approximatifs. Mais cette approximation est suffisante. D'ailleurs les parentés, calculées pour la série ordonnée des hybrides, montrent, par leurs valeurs croissantes ou décroissantes, l'intérêt

---

(1) G. Cousin, *Mém. Acad. Sc.*, 64, 1940, p. 1-213.

d'un document obtenu par cette méthode. Antérieurement, j'ai calculé les parentés : d'après la place des hybrides F_1 sur les ordonnées des points moyens



de C et B ([1]); d'après les écarts autour d'une droite figurative hybride (BC) moyenne entre C et B ([2]).

La méthode finalement retenue a pour principe :

Dans une espèce pure, un individu A donne, pour un caractère morphologique rapporté à un caractère de référence composite ($\Sigma 7x$) représentant sa taille, un indice $R_a = y_a/x_a$ qui s'écarte plus ou moins selon le cas, de l'indice théorique $R_t = y_t/x_t$, qui est celui de l'individu parfait pour cette taille et dont le point représentatif T se trouve sur la droite figurative. En coordonnées logarithmiques, ce point est le pied de la perpendiculaire abaissée de A, d'où

$$AT = d = (\log y_a - \alpha \log x_a + \alpha \log \bar{x} - \log \bar{y}) \frac{1}{\sqrt{1 + \alpha^2}}.$$

Pour un individu hybride, la parenté à C ou à B est représentée par l'écart d_B ou d_C à l'une des droites figuratives des espèces pures, écart évalué en pour cent de la somme des dis-

([2]) Ibid., *Bull. Biol. France-Belgique*, 82, 1948, p. 312-387.

tances $(d_C + d_B)$ aux droites figuratives

$$P_B = \frac{d_C}{d_C + d_B} = \frac{1}{1 + \frac{d_B}{d_C}} \quad \text{et} \quad P_C = \frac{1}{1 + \frac{d_C}{d_B}},$$

$$P_B = \frac{1}{1 - \frac{\log y_a - \alpha_B \log x_a + \alpha_B \log \overline{x}_B - \log \overline{y}_B}{\log y_a - \alpha_C \log x_a + \alpha_C \log \overline{x}_C - \log \overline{y}_C} \sqrt{\frac{1 + \alpha_C^2}{1 + \alpha_B^2}}}.$$

Si ω est le point de rencontre des deux droites figuratives, le rapport P_B est constant le long de la droite ωA. Donc, en partageant l'espace compris entre les droites figuratives de B et de C, on détermine des tranches limitées par des droites d'équiparenté; 25 tranches donnent des classes en pour cent des écarts à C et à B, échelonnées de 4 en 4%. Ces droites d'équiparenté prennent en considération les différences d'allométrie des caractères de chaque espèce parente. Elles font des angles très faibles avec les droites figuratives de C et de B, donc avec les parallèles qui représentent les écarts à la normalité de ces mêmes espèces.

Dans l'analyse des parentés, les caractères spécifiques doivent être rapportés à une référence commune à tous les groupes, (soit $\Sigma 7$ caractères, représentant la taille). Ils ne peuvent être associés deux à deux, en raison de leur ségrégation possible après la première génération hybride. Dans la pratique, on a calculé des tables de parenté, à double entrée, pour les valeurs successives de chaque caractère y rapporté à la référence x. Elles donnent, par simple lecture, la parenté d'un caractère, directement d'après les mesures observées.

BIOLOGIE CELLULAIRE. — *L'acide désoxyribonucléique des gamètes de* Gryllus domesticus. Note de M. **Michel-Charles Durand**, présentée par M. Maurice Caullery.

Dans une Note précédente [1], l'existence d'acide désoxyribonucléique diffus dans l'œuf de *Gryllus bimaculatus* a été évoquée. Cette hypothèse s'appuyait sur des observations histochimiques [2] précisées depuis [3] et sur les dosages microbiologiques de Hoff-Jörgensen et Zeuthen [4]. La bibliographie, sur ce sujet, montre que de nombreux auteurs [5] trouvent par voie chimique, et dans les œufs vierges d'espèces appartenant à des groupes zoologiques très différents, des teneurs très élevées en acide désoxyribonucléique. Ces teneurs ne correspondent ni aux dosages effectués sur les spermatozoïdes, ni aux données histophotométriques portant sur la vésicule germinative. En admettant que le matériel employé soit exempt

(1) Durand, *Comptes rendus*, 235, 1952, p. 824.
(2) Durand, *Bull. Biol. Fr. Belg.*, 86, n° 4, 1952, p. 381.
(3) Durand et Thomas, *Bioch. Bioph. Acta*, 12, 1953, p. 416.
(4) *Nature*, 169, 1952, p. 245.
(5) J. Brachet, *Arch. Biol.*, 65, 1954, p. 1.

de cellules folliculeuses (6), on doit remarquer qu'on trouve d'autant plus d'acide désoxyribonucléique que l'œuf est plus gros, et qu'on en dose d'autant moins que la méthode employée est plus spécifique (5), (7), (8).

C'est ainsi que la méthode de dilution isotopique de la thymine marquée conduit Marshak à admettre qu'en définitive, l'œuf d'oursin présente une teneur en acide désoxyribonucléique très faible (8), voire inférieure (9) à celle du spermatozoïde. Les résultats qui suivent portent sur des dosages de ce type, appliqués aux œufs de *Gryllus domesticus*.

Récolte du matériel. — Les ovaires de femelles, adultes depuis 15 jours, sont prélevés et vivement secoués pendant 30 mn dans une solution physiologique à 0°. Les œufs mûrs ainsi détachés des gaînes ovariques, sont longuement lavés à l'eau courante sur une toile métallique; puis séchés et comptés. L'examen cytologique montre que seuls les œufs mûrs résistent à ce traitement; il ne nous a jamais permis de déceler de cellules folliculeuses à la surface du chorion. Leur absence totale ne peut cependant être affirmée avec certitude, les dosages portant sur des lots de plus de 10 000 œufs.

Méthode. — Il a été admis que la substance à doser s'extrayait dans les mêmes conditions qu'un acide désoxyribonucléique ordinaire. Les broyats d'œufs ont été fractionnés suivant la technique d'Ogur et Rosen (10). La méthode de Ceriotti (11) spécifique du désoxyribose, et la méthode de dilution isotopique de la thymine marquée (12) ont été combinées. Testée sur du sang de coq, la réaction de Ceriotti donne une teneur moyenne de $2,1.10^{-6}$ μg d'acide désoxyribonucléique par hématie [(Mirsky et Ris (13) donnent $2,3.10^{-6}$ μg et C. Vendrely (14) $2,2.10^{-6}$ μg). Une partie aliquote de l'extrait contenant l'acide désoxyribonucléique est réservée pour cette réaction. Le reste, après évaporation sous pression réduite, et additionné d'une quantité exactement connue de thymine marquée, est hydrolysé en tube scellé, dans l'acide formique concentré. Cinq chromatographies successives (butanol-ammoniaque, butanol-HCl alternés) sont nécessaires pour obtenir, à l'élution, un spectre ultraviolet de la thymine correspondant à 1 % près, à celui de la thymine radioactive, pris comme référence. Le dernier éluat, de concentration exactement connue, est déposé

(6) Nigon et Bovet, *C. R. Soc. Biol.*, 149, 1955, p. 129.

(7) Hoff-Jörgensen, 7e *Symp. de la Colston Research Soc.*, 1954, p. 71.

(8) Marshak et Marshak, *Exper. Cell Research*, 5, n° 2, 1953, p. 288.

(9) Marshak et Marshak, *Exper. Cell Research*, 8, 1955, p. 126.

(10) *Arch. Biochem.*, 25, 1950, p. 262.

(11) *J. Biol. Chem.*, 198, 1952, p. 297.

(12) Due à l'obligeance du Docteur Szafarz, Laboratoire de Morphologie animale, U. L. B., Bruxelles.

(13) *J. Gen. Physiol.*, 34, 1951, p. 451.

(14) *Bull. Biol. Fr. Belg.*, 86, n° 1, 1952, p. 29.

dans des capsules, puis évaporé sous une lampe à infrarouge. Les concentrations des éluats ont été modifiées de façon à pouvoir faire sécher, dans chaque capsule, des volumes d'éluat identiques, de teneur en thymine comparable, et présentant une radioactivité au moins égale au décuple, du mouvement propre. Les mesures, portent sur au moins 16 384 coups. Des échantillons préparés en double ont donné des nombres différant de moins de 0,4%. L'erreur standard ne dépasse pas 5%. Le calcul est effectué à l'aide de la formule de Marshak. A notre connaissance, et en dehors des travaux de ce dernier, la bibliographie sur les acides nucléiques ne mentionne pas d'autres résultats obtenus à l'aide de cette méthode.

Résultats. — La fraction acide désoxyribonucléique extraite à partir d'un broyat de 25 700 œufs contient, si on en juge d'après la réaction de Ceriotti, 609 μg d'acide désoxyribonucléique, soit environ 0,024 μg par œuf. Appliquée au sperme (prélèvement dans les spermathèques, dénombrement sur partie aliquote, à l'hématimètre en contraste de phase) cette réaction donne une teneur moyenne de 6.10^{-6} μg d'acide désoxyribonucléique par spermatozoïde. L'œuf vierge contiendrait donc l'équivalent de 4 500 gamètes mâles. La méthode de dilution isotopique, appliquée à la moitié de l'extrait précédent, donne une teneur de 14,3 μg de thymine. Si la substance dosée présente bien la composition moyenne d'un acide désoxyribonucléique caractéristique (11%, de thymine), on aboutit à une teneur de 130 μg d'acide désoxyribonucléique représentant la moitié de la teneur initiale. 25 700 œufs contiendraient ainsi 260 μg d'acide désoxyribonucléique, soit environ 0,01 μg par œuf.

Il n'est pas possible de discuter ici tous les aspects de la différence observée entre les résultats obtenus par ces deux méthodes. Elle se ramène peut-être à l'insuffisante spécificité de la méthode de Ceriotti appliquée aux hydrolysats de vitellus. Brachet (5) fait état de différences de même sens dans les dosages sur les œufs de batraciens. Signalons cependant que des travaux récents relatent l'existence, dans les tissus ordinaires (15) et dans les œufs de drosophile (16), de composés désoxypyrimidiques de localisation cytoplasmique, et qui ne renferment pas de thymine. Si nos résultats se confirment, ils posent le problème de la nature des précurseurs vitellins de l'acide désoxyribonucléique, et de leur éventuelle utilisation par l'embryon.

Conclusion. — Avec une teneur de 0,01 μg d'acide désoxyribonucléique, l'œuf du grillon domestique contient au moins l'équivalent de 1600 spermatozoïdes. Il ne nous paraît pas possible d'avoir laissé passer une moyenne

---

(15) SCHNEIDER, *J. Biol. Chem.*, **216**, 1955, p. 287.

(16) LEVENBOOK, TRAVAGLINI et SCHULTZ, Résumé *Com. IIIe Congrès Internat. de Biochimie*, **8-3**, 1955, p. 70.

de 800 cellules folliculeuses par œuf [17]. Par ailleurs les caractères morphologiques et la colorabilité de la vésicule germinative, tant chez cette espèce que chez des espèces voisines et chez d'autres orthoptères [18], paraissent exclure la localisation nucléaire d'une telle quantité d'acide désoxyribonucléique.

Obtenu dans des conditions comparables à celles qui montrent chez l'oursin une teneur par œuf inférieure à celle par spermatozoïde, ce résultat souligne, s'il en était besoin, la diversité des constitutions chimiques des gamètes femelles de groupes zoologiquement éloignés.

PHYSICOCHIMIE BIOLOGIQUE. — *Étude de la marche de la dégradation hydrolytique de l'inositolhexaphosphate par chromatographie sur papier.* Note (*) de MM. **André Desjobert** et **Fahrettin Petek**, présentée par M. René Fabre.

Des travaux de S. et T. Posternak [1] et de J. Courtois avec G. Joseph [2] et M. Masson [3], il ressort que l'hydrolyse diastasique aussi bien que l'hydrolyse chimique de l'inositolhexaphosphate (IP_6) s'effectuent par étapes successives, les six liaisons phosphorées de cet ester étant rompues progressivement et non simultanément. Toutefois, les différents stades de l'hydrolyse n'ont pu être déterminés avec précision ; par contre, ce résultat nous a paru pouvoir être réalisé en utilisant la chromatographie sur papier.

Pour la mise au point de la technique, nous avons utilisé une solution aqueuse contenant simultanément, à la concentration M/20 en P : l'acide orthophosphorique, l'acide inositolpentaphosphorique (IP_5G) isolé des germes (G) de blé et une série d'acides inositolphosphoriques obtenus par hydrolyse diastasique (D) de IP_6, les acides mono (IP_1D), di(IP_2D), tri(IP_3D) et tétra (IP_4D)-phosphoriques [4].

La chromatographie est effectuée en 24 heures par la voie descendante sur papier (Whatman I), à l'aide d'un solvant composé d'alcool propylique normal (5 vol), ammoniaque (4 vol) et eau distillée (1 vol). La révélation est obtenue, après élimination du solvant par évaporation spontanée, en pulvé-

---

(17) Lu et Bodine, *Physiol. Zool.*, 1953, p. 301.

(18) Swift et Kleinfeld, *Physiol. Zool.*, 26, 1953, p. 242.

(*) Séance du 31 octobre 1955.

(1) *Helv. Chim. Acta*, 12, 1929, p. 1174.

(2) *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 30, 1948, p. 610 et G. Joseph, Thèse Doct. Univ. Pharm., Paris, 1948.

(3) *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 32, 1950, p. 314 et M. Masson, Thèse Doct. Univ. Pharm., Paris, 1950.

(4) A. Desjobert et P. Fleurent (Recherches inédites).

risant sur la feuille de papier une solution alcoolique de Cl_3Fe, puis une solution alcoolique d'acide sulfosalicylique, selon H. F. Wade et D. M. Morgan (5). Les spots apparaissent alors en blanc sur fond violet.

Les valeurs des R_f obtenues pour les différents esters sont les suivantes : IP_6 : 0,09; IP_5G : 0,10; IP_4D : 0,17; IP_3D : 0,22; IP_2D : 0,27; IP_1D : 0,38; PO_4H_3 : 0,34. Nous remarquerons que les R_f trouvés pour IP_6 et IP_5G sont très voisins. Aussi même en effectuant une chromatographie de plus longue durée (4 jours) d'une solution aqueuse contenant simultanément ces deux esters, il n'a pas été possible d'obtenir des spots séparés.

Dans le cas d'une liqueur provenant de l'hydrolyse soit chimique, soit diastasique de IP_6 et obtenue dans des conditions (concentration des réactifs, température, durée, etc.) qui seront précisées dans un autre recueil, la chromatographie est effectuée comparativement à celle d'une solution aqueuse de composition identique à celle indiquée précédemment. La concentration initiale en hexaphosphate étant connue, le dosage de l'orthophosphate libéré permet de déterminer le degré d'hydrolyse.

Degré de l'hydrolyse (en pourcentages).	Esters présents dans le milieu											
	hydrolyse diastasique.						hydrolyse chimique.					
	IP_6.	IP_5.	IP_4.	IP_3.	IP_2.	IP_1.	IP_6.	IP_5.	IP_4.	IP_3.	IP_2.	IP_1.
15.....	++++	?	++	0	0	0	++++	+++	+	±	0	0
30.....	0	++	++++	+	0	0	++	+++	+++	+	±	0
45.....	0	0	++	+++	++	0	0	++++	++++	++	++	0
60.....	0	0	0	+++	+++	0	0	+	+	+	+++	±
75.....	0	0	0	0	+++	++	0	0	±	±	++	+
90.....	0	0	0	0	0	++	0	0	0	0	±	++

N. B. — Le nombre de croix indique l'importance relative des spots.

Les résultats obtenus, résumés dans le tableau, confirment et complètent les travaux déjà mentionnés. Ils montrent que, dans les deux cas, la composition du milieu est bien plus complexe qu'on ne le soupçonnait, tout au moins au cours d'une grande partie de l'hydrolyse (de 30 à 75 % notamment). Toutefois la dégradation par stades successifs apparaît d'une façon bien plus nette pour l'hydrolyse diastasique que pour l'hydrolyse chimique. Ainsi, à 60 % d'hydrolyse, lorsque celle-ci a lieu par voie chimique, IP_6 est fragmenté en quatre et probablement cinq esters, tandis que dans le cas d'une hydrolyse diastasique, deux esters seulement sont révélés.

Un point particulier est à noter. N'ayant pu obtenir deux spots séparés pour une solution renfermant un mélange de IP_6 et IP_5G, nous avons eu la

(5) *Nature*, 171, 1953, p. 529.

surprise d'obtenir, après chromatographie d'une liqueur contenant IP_6 partiellement hydrolysé par *voie chimique*, un spot situé entre ceux de IP_6 et IP_4 et attribuable à IP_5C (inositolpentaphosphate issu de l'hydrolyse *chimique* de IP_6). Par contre, dans le cas de l'hydrolyse diastasique, un spot identique, correspondant vraisemblablement à IP_5D (inositolpentaphosphate issu de l'hydrolyse *diastasique* de IP_6) n'est obtenu que lorsque tout IP_6 a disparu du milieu. Tout se passe comme si IP_5D et IP_5C étaient des composés différents.

En conclusion, nous proposons une méthode chromatographique permettant d'identifier les différents esters phosphoriques apparaissant progressivement au cours de l'hydrolyse, soit chimique, soit diastasique de l'inositolhexaphosphate et d'étudier le mécanisme de la dégradation de celui-ci.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Composition protéique de l'albumoïde du cristallin de bœuf.* Note (*) de MM. **Jean Sirchis, Pierre Fromageot** et Mlle **Louise Petit**, présentée par M. Robert Courrier.

On peut isoler de l'albumoïde du cristallin de bœuf trois fractions protéiques homogènes aux tests utilisés. Les deux premières présentent des analogies dans leurs compositions et leurs constantes de sédimentation. Il reste un résidu de nature fibreuse, insoluble sans hydrolyse.

Dans une précédente Note [1], on avait montré qu'il était possible d'isoler de l'albumoïde du cristallin de bœuf, une protéine dont l'homogénéité a été établie à l'ultracentrifugation et à l'électrophorèse sur papier. Le présent travail met en évidence l'existence dans l'albumoïde de deux autres protéines et d'un résidu fibreux qu'il ne nous a pas été possible de dissoudre sans hydrolyse.

L'albumoïde est préparé selon la méthode déjà décrite [1]. On en extrait les protéines solubles dans la formamide pure à 0°, la solution obtenue est additionnée de trois fois son volume d'acétone. Le précipité qui se forme est mis en suspension dans de la soude N/200.

La partie dissoute correspond à la fraction I déjà décrite et dont nous redonnons les caractéristiques. De la partie insoluble, séparée par centrifugation, on a isolé la fraction II. Pour cela, l'insoluble est mis en suspension dans de la soude N/10 à froid. Il s'y dissout entièrement après plusieurs heures d'agitation. La solution est dialysée contre de l'eau jusqu'à pH 6 et centrifugée à 40 000 t/mn pendant 1 h. On obtient un culot translucide

(*) Séance du 31 octobre 1955.

(1) P. Fromageot et J. Sirchis, *Comptes rendus*, 240, 1955, p. 1730.

et un surnageant que l'on sépare. Le culot, redissous dans de la soude N/10, dialysé contre de l'eau, concentré jusqu'à une teneur de 4 % en protéine, est finalement dialysé contre ClNa 0,1 M jusqu'à équilibre. La solution obtenue, soumise à l'ultracentrifugation analytique donna le diagramme d'un produit homogène; les valeurs de la constante de sédimentation (S_{16}) de la fraction II, aux pH 6,5 et 7,15 sont respectivement : 8,80 et 13,25.

Isolement de la fraction III. — La partie de l'albumoïde insoluble dans la formamide est lavée plusieurs fois à l'eau distillée glacée, puis mise en suspension dans de l'acide formique renfermant 5 % de glycérine. Le tout est agité plusieurs heures à 0°. On extrait à diverses reprises, jusqu'à ce que la solution glycéroformique ne précipite plus par addition d'éther. Les extraits successifs sont réunis puis additionnés de trois fois leur volume d'éther. Le précipité qui se forme est séparé par centrifugation, lavé à l'eau distillée plusieurs fois. Il est entièrement soluble dans de la soude N/10 après plusieurs heures d'agitation. La solution obtenue est dialysée contre de l'eau jusqu'à pH 6, et est centrifugée à 40 000 t/mn pendant 1 h. Le surnageant séparé est concentré jusqu'à une teneur de 4 % en protéine. Le constituant qu'elle renferme est la fraction III dont l'ultracentrifugation analytique montre aux pH de 6,5 et de 7,15 l'homogénéité avec les constantes de sédimentation (S_{16}) respectivement de 2 à 3,24.

On a observé de plus que le surnageant de la centrifugation préparative qui donne naissance à la fraction II, renferme un constituant dont la constante de sédimentation est voisine de celle de la fraction III. D'autre part, le culot obtenu lors de la purification de la fraction III a une constante similaire à celle de la fraction II. Il est à noter que le traitement à la formamide, permettant d'isoler les fractions I et II, est poursuivi jusqu'à ce que la solution d'extraction ne précipite plus avec de l'acétone. L'existence d'un composant très analogue à la fraction II, sinon identique dans l'extrait par le mélange glycérine-acide formique semble indiquer une association de ce constituant avec la fraction III.

La composition élémentaire des fractions II et III ainsi que du résidu insoluble, de l'albumoïde du cristallin de bœuf, est donnée dans le tableau ci-dessous. Une erreur a été commise dans la précédente Note, pour les nombres concernant le soufre et le carbone de la fraction I, dont on trouvera les valeurs exactes ici.

	N %.	S %.	C %.
Fraction I	15,8 ± 0,02	0,5 ± 0,05	48 ± 1
» II	14,7 »	0,5 »	48 »
» III	16,0 »	0,85 »	43 »
Résidu	15,3 »	0,85 »	48 »

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *La métachromasie de l'éosine comme procédé d'étude d'associations moléculaires entre colloïdes de signes contraires.* Note de M. **Pierre May**, présentée par M. Jacques Duclaux.

Des substances colloïdales C diverses, cationiques, modifient le spectre d'absorption de l'éosine. Ce phénomène disparaît lorsqu'on ajoute des colloïdes anioniques A convenablement choisis. L'annulation de l'effet chromotropique de C en présence de A met en évidence des associations moléculaires entre A et C d'une grande importance biologique.

Des traces d'albumine de plasma de bœuf font virer du rose au violet des solutions d'éosine. G. Oster (1) a décrit ce phénomène et l'a attribué à une liaison formée entre la protéine et le colorant. Nous avons constaté qu'il peut être provoqué par des substances chromotropiques C très diverses, mais toutes colloïdales et cationiques : albumine de plasma de bœuf, sulfate de protamine, chlorure de dodécyldiméthylbenzylammonium.

De plus, nous avons observé qu'on peut annuler très simplement cet effet chromotropique des substances C en ajoutant des colloïdes A convenablement choisis, anioniques, ainsi :

— l'oléate de sodium, ou le laurylsulfate de sodium dans le cas de l'albumine de plasma de bœuf;

— l'héparine ou l'acide désoxyribonucléique dans le cas du sulfate de protamine;

— le laurylsulfate de sodium dans le cas du chlorure de dodécyldiméthylbenzylammonium.

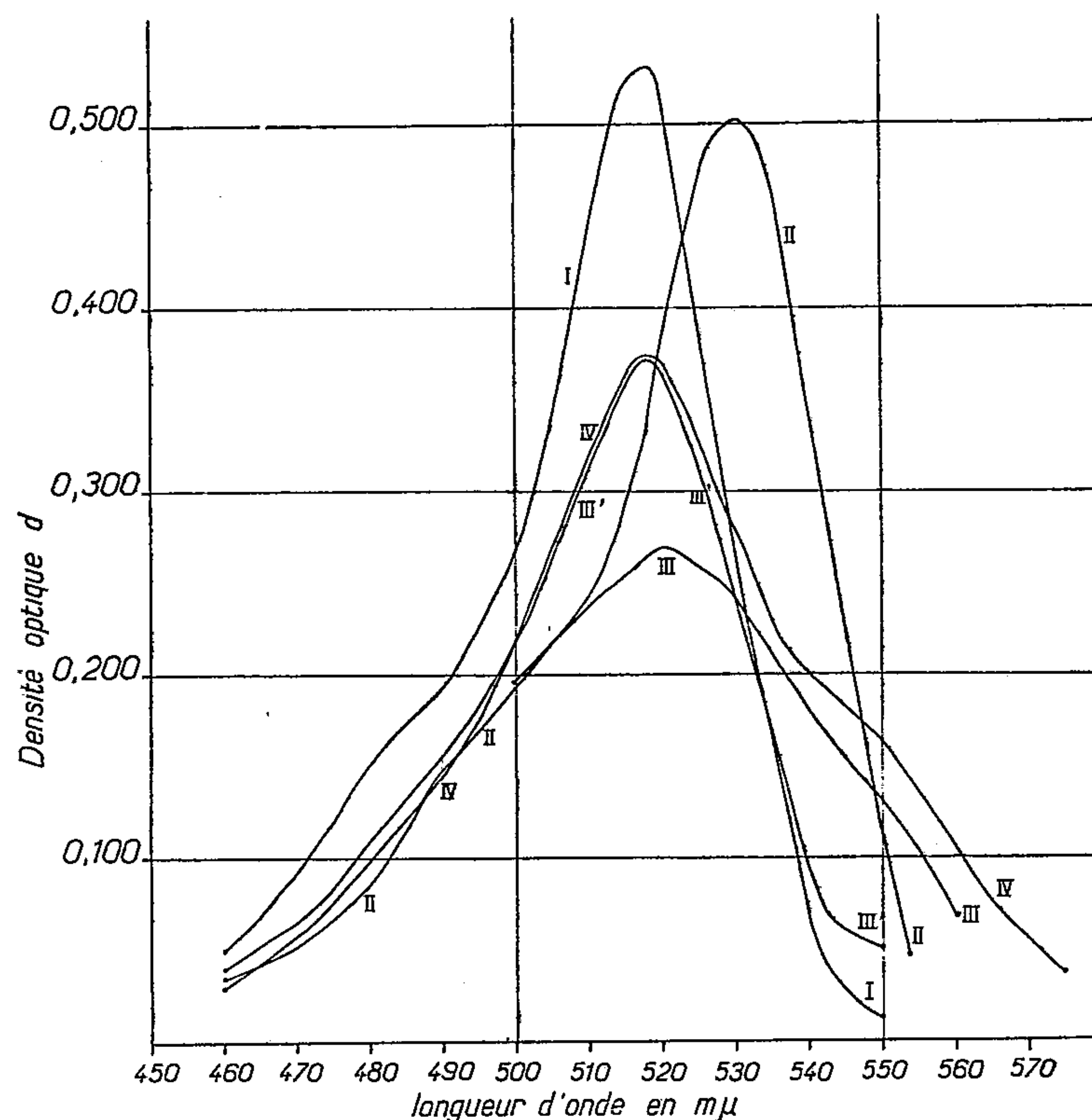
Partie expérimentale. — *a.* Nous avons tracé le spectre d'absorption (I) d'éosine à la concentration de $0{,}8.10^{-5}$ M dans une solution tampon phosphate 0,02 M, pH 7,2; nous observons le même spectre (I) en solution tampon phosphate 0,005 M, pH 7,2 et 0,02 M, pH 8,1. Tous les spectres présentés dans ce travail ont été obtenus sous 1 cm d'épaisseur.

Nous avons d'autre part obtenu le spectre (II) de la même solution dans le tampon phosphate 0,02 M, pH 7,2 additionné de 0,02 % d'albumine de plasma de bœuf. Si nous ajoutons à cette dernière solution 0,02 % de laurylsulfate de sodium ou 0,001 % d'oléate de sodium, nous retrouvons le spectre (I).

b. Nous avons établi le spectre de la solution $0{,}8.10^{-5}$ M d'éosine dans le tampon phosphate 0,005 M, pH 7,2 + 0,001 % de sulfate de protamine, soit (III); si nous ajoutons à ce mélange 0,001 % d'héparine, nous retrouvons encore le spectre (I).

(1) *J. Chim. Phys.*, 48, 1951, p. 217-220.

c. Nous avons tracé le spectre de la solution de même concentration d'éosine dans un tampon phosphate 0,02 M, pH 8,1 additionné de 0,001 % de sulfate de protamine, soit (III'). Si nous ajoutons à cette solution 0,01 % d'acide désoxyribonucléique, nous retrouvons la courbe (I).



d. Enfin nous avons établi le spectre (IV) de la solution $0,8.10^{-5}$ M d'éosine dans le tampon phosphate 0,005 M, pH 7,2, + 0,0025 % de chlorure de dodécyldiméthylammonium; en ajoutant à cette solution 0,01 % de laurylsulfate de sodium, nous obtenons à nouveau le spectre (I) de l'éosine.

Une constatation s'impose dès l'abord; les substances A « antichromotropiques » sont connues pour leur rôle de chromotropes dans la métachromasie du bleu de toluidine. Les deux métachromasies du bleu de toluidine et de l'éosine paraissent complémentaires, et ce fait est certainement lié au signe contraire des charges de ces deux colorants. Nous nous proposons de préciser cette notion en raison de l'intérêt théorique de ce phénomène, s'il est justifiable d'une généralisation.

D'autre part, la disparition de l'effet chromotropique des substances du type C par celles du type A doit être attribuée à une association moléculaire entre A et C. Nous avons donc mis en évidence un moyen très simple

d'étudier quantitativement un type d'associations d'une grande importance biologique, entre des colloïdes de charges opposées.

Nous poursuivons nos recherches dans ce sens.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Étude de l'incorporation des acides aminés dans les lysats de* Micrococcus lysodeikticus. III. *Incorporation de la valine*-C^{14} *et de la méthionine*-S^{35}. Note (*) de M. **Bention Nisman**, Mme **Marie-Louise Hirsch**, M. **Julius Marmur** et Mlle **Denise Cousin**, transmise par M. Jacques Tréfouël.

L'incorporation des acides aminés par les lysats de *Micrococcus lysodeikticus* dépend de la présence de l'acide adénosine triphosphorique (ATP) ou de l'acide adénylique (AMP). Ces besoins énergétiques ne peuvent être assumés par des substrats tels que : oses phosphorylés, succinate, citrate, pyruvate. L'incorporation est imbibée par la ribonucléotidase et la désoxyribonucléotidase.

Les lysats de *Micrococcus lysodeikticus* (1), (2) et de *B. megatherium* (3) incorporent plusieurs acides aminés, comme l'ont montré les travaux de Lester (1), M. Beljanski (2) et Mc Quillen (3). Le problème de l'énergie nécessaire pour l'incorporation des acides aminés n'ayant pas été considéré par ces auteurs, nous avons entrepris une série d'expériences afin de l'éclaircir.

Préparation des lysats. — *Micrococcus lysodeikticus* (souche Fleming) a été cultivé sur milieu solide constitué par un hydrolysat de viande gélosé. Les bactéries sont récoltées après 18 h d'incubation à 37° C, lavées et centrifugées à froid. Le culot bactérien, suspendu dans l'eau distillée est lysé en présence de ces constituants : 2 mM ClK, 5 mM sucrose, 300 μM tampon *Tris* pH 7,2 (trihydroxyméthylaminométhane) et 2 mg de lysozyme. La lyse est effectuée à 0° C pendant des temps n'excédant pas 75 mn. Les lysats sont additionnés de sulfate d'ammonium à 60 % de saturation et centrifugés à froid pendant 20 mn à 6 000 t/mn. Le précipité est redissous dans 200 mM de *Tris* et complété à 30 cm³ avec de l'eau.

Incorporation de la valine et de la méthionine. — L'étude de l'incorporation a été effectuée dans deux conditions :

1° *Incorporation de l'acide aminé seul.*

2° *Incorporation de l'acide aminé en présence de* 19 *autres acides aminés.*

1° Le tableau montre que l'incorporation des acides aminés seuls est fortement stimulée par l'acide adénylique (AMP), par l'ADP ou par l'acide adénosine triphosphorique (ATP). Le remplacement de l'acide adénylique ou de l'ATP,

(*) Séance du 31 octobre 1955.

(1) *J. Am. Chem. Soc.*, 75, 1953, p. 5448.

(2) *Biochim. Biophys. Acta*, 15, 1954, p. 425.

(3) *Biochim. Biophys. Acta*, 17, 1955.

par les acides guanylique, cytidylique, uridylique et thymidylique s'est avéré négatif.

L'acide aminé incorporé peut être enlevé par le même acide aminé C^{12} ou encore par l'isoleucine dans le cas de la valine. Le déplacement de l'acide aminé incorporé atteint entre 30 à 90 % de l'acide aminé incorporé.

Inhibiteurs de l'incorporation. — L'incorporation est inhibée par : la chloromycétine 20 µg/ml, la ribonucléotidase (RNAse) 50 µg/ml et la désoxyribonucléotidase (DNAse) 12,50 µg/ml. L'inhibition par la RNAse et par la DNAse n'est effective que lorsque ces deux enzymes sont ajoutés au système 15 mn avant la fin de la lyse par le lisozyme.

2° L'incorporation de l'acide aminé marqué en présence des 19 autres acides aminés est négligeable par rapport à celle de l'acide aminé seul.

Nos résultats montrent d'une part que l'incorporation d'un acide aminé requiert de l'énergie (ATP ou AMP), ceci corrobore les observations de Hoagland ([4]) sur l'activation des acides aminés par des enzymes solubles préparés à partir du foie. La réversibilité de l'incorporation de l'acide aminé radioactif par l'acide aminé C^{12} ne permet pas d'interpréter l'incorporation comme une synthèse nette de protéines. D'autre part, l'inhibition de l'incorporation aussi bien par la DNAse que par la RNAse, ne contribue pas à un éclaircissement du rôle des acides nucléiques dans le phénomène étudié.

Le système d'incorporation est constitué comme suit : 300 mµM de *dl*-valine C^{14} ou de méthionine S^{35}, 70 µM de tampon *tris* pH 7,2 4 µM SO_4Mg, $7H_2O$, 1 ml de lysat précipité à 60 % de saturation de $SO_4(NH_4)_2$. En fin d'expérience, on précipite les protéines par l'acide trichloracétique (TCA) à 5 % de concentration finale. On fait deux extractions à chaud pendant 15 mn pour enlever les acides nucléiques, on lave le précipité protéique. Les culots sont ensuite dissous dans NH_4OH 0,1 N, étalés et étudiés à l'aide d'un compteur de Geiger.

Rôle de l'AMP et de l'ATP dans l'incorporation.

	Methionine (coups-mn/mg N).		Valine (coups-mn/mg N protéique)	
Effecteur.	I.	II.	I.	II.
Sans effecteur	66	177	125	240
5 µM AMP	79	–	–	–
10 µM »	132	335	225	620
5 µM ATP	132	–	–	–
10 µM »	299	–	–	–
10 AMP + DNAse	10	–	18	–
» RNAse	10	–	–	36
» + chloromycétine	–	–	0	0

([4]) *Biochim. Biophys. Acta*, 16, 1954, p. 1288.

Pour les expériences concernant le déplacement de l'acide aminé incorporé, l'acide aminé C^{12} (10 μM) est ajouté à la fin de l'incubation (120 mn) dans un contrôle dont l'incubation est prolongée pendant 15 mn. La concentration des autres effecteurs est indiquée dans le tableau.

Déplacement de l'acide aminé incorporé.

Valine-C^{14}	240	% enlevé
Id. + AMP	620	–
Id. + AMP + valine C^{12}	164	75 %
Méthionine S^{35} + AMP (*)	94	–
Id. + méthionine C^{12}	34	60 %

(*) Méthionine-S^{35} activité spécifique : 1,6 mc/57 mg C. E. A.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Reconstitution* in vitro *de la catalase.* Note de M. **Mirko Beljanski**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

On peut obtenir l'apoenzyme de la catalase sous forme d'extraits solubles à partir du mutant H_7 d'*Escherichia coli*, auxotrophe pour l'hémine, dépourvu d'activité catalasique. L'addition d'hémine à l'apoenzyme permet la reconstitution *in vitro* de la catalase active.

Plusieurs auteurs ont, par les méthodes chimiques, séparé les deux parties constitutives de la catalase, l'hémine et l'apoenzyme; mais la reconstitution *in vitro* de l'enzyme à partir de ces deux fractions n'a pu être réalisée. Toutefois, Agner a obtenu une très faible activité catalasique en ajoutant de l'hémine à l'apoenzyme dialysé (1), mais H. Tauber et Kleiner (2) ainsi que B. Summer et A. L. Dounce (3) n'ont pu obtenir ce résultat. Par contre, la reconstitution *in vitro* de la peroxydase a été réalisée par H. Theorell et A. C. Maehly (4).

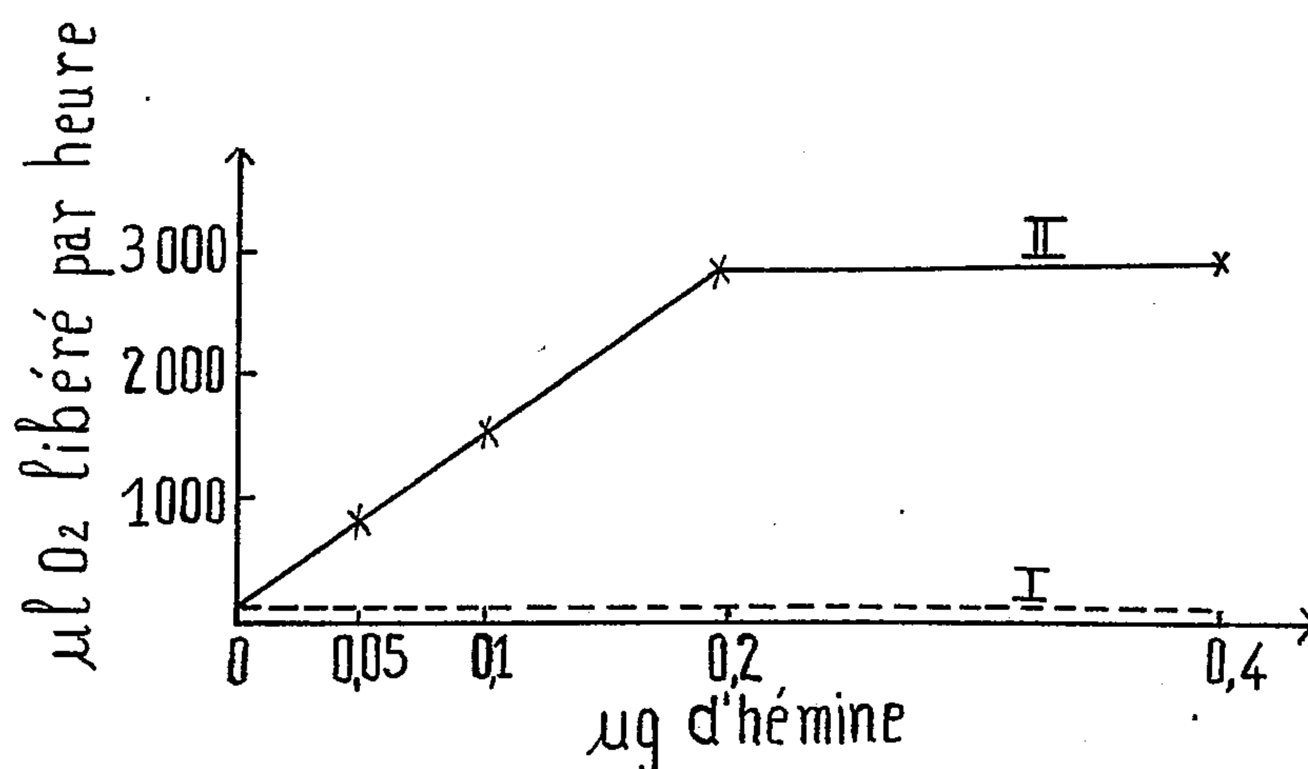
Le mutant H_7 d'*Escherichia coli* que nous avons isolé (5) permet d'effectuer une résolution « physiologique » de la catalase. Ce mutant dont les propriétés physiologiques et biochimiques sont décrites ailleurs (6), ne synthétise pas d'hémine. En revanche, les bactéries H_7, cultivées sans hémine, synthétisent l'apoenzyme de la catalase qui peut être extrait et réactivé *in vitro* par l'hémine, comme le montre l'expérience suivante :

Les cultures des bactéries H_7 en eau peptonée glucosée sans hémine, sont centrifugées, les bactéries lavées à l'eau distillée sont mises en suspension (4 mg/ml) et exposées à l'action des sons (Raytheon) pendant 15 mn. Le lysat est ensuite centrifugé à 60 000 g pendant 30 mn.

(1) K. Agner, *Z. phys. Chem.*, 235, 1935, II.
(2) *Proc. Soc. exp. Biol.*, 33, 1939, p. 391.
(3) *J. Biol. Chem.*, 127, 1939, p. 439.
(4) *Acta chem. scand.*, 4, 1950, p. 422.
(5) M. Beljanski, *Comptes rendus*, 240, 1955, p. 374.
(6) M. Beljanski et M. Beljanski, *Bioch. et Bioph. Acta* (sous presse).

Le surnageant (0,5 ml) est additionné de tampon phosphate M/30, pH 6,8 (0,5 ml) et de différentes concentrations d'hémine (0,5 ml). Après 1 h d'incubation à 15° on ajoute de l'eau oxygénée à 2 vol (0,3 ml). Le volume est complété à 2 ml et l'activité catalasique mesurée dans l'appareil de Warburg (T = 15°).

La figure montre que l'activité est linéairement proportionnelle à la quantité d'hémine jusqu'à la concentration de 0,2 μg. Si à ce point de saturation une nouvelle quantité d'extrait est ajoutée, on n'observe pas d'accroissement de l'activité catalasique. Ceci indique qu'à ce point toute l'hémine avait été utilisée.



Reconstitution *in vitro* de la catalase.
I. Hémine seule. II. Hémine additionné d'extrait du mutant H_7.

Lorsque l'eau oxygénée est ajoutée avant l'hémine, la réactivation n'a pas lieu, ce qui semble indiquer qu'en l'absence d'hémine, l'apoenzyme est inactivé irréversiblement.

La catalase pure provenant des tissus animaux libère à 0°, en présence d'eau oxygénée, $8,4.10^8$ μl d'O_2 par heure et par μM d'hémine. La catalase reconstituée *in vitro* à partir de l'apoenzyme du mutant H_7 et d'hémine libère à 15° : $9,0.10^6$ μl d'O_2 par μM d'hémine. Cette différence pourrait être due au moins en partie à la fixation d'une fraction de l'hémine par des protéines autres que l'apoenzyme de la catalase. Quoi qu'il en soit, la catalase d'*Escherichia coli* n'ayant pas été isolée à l'état pur, nous ne connaissons pas son activité spécifique.

Enfin les résultats consignés dans le tableau suivant indiquent que l'apoenzyme se combine avec certaines porphyrines ne contenant pas de fer. Il cesse alors d'être réactivable par l'hémine. Le fait que le résultat dépend de l'ordre dans lequel sont ajoutés respectivement la porphyrine inhibitrice et l'hémine, montre que cette combinaison est pratiquement irréversible. L'uroporphyrine

et la coproporphyrine n'inactivent pas l'apoenzyme, ce qui signifie qu'elles ne forment pas de combinaison de ce type, mais ne signifie pas nécessairement qu'elles soient dépourvues de toute affinité pour l'apoenzyme.

Action de diverses porphyrines sur la reconstitution in vitro *de la catalase.*

			QO_2.
Extrait du mutant H_7	+ protoporphyrine	(0,2 μg) + hémine (0,2 μg).....	64
» »	+ mésoporphyrine	» » »	62
» »	+ deutéroporphyrine	» » »	60
» »	+ hématoporphyrine	» » »	61
» »	+ uroporphyrine	» » »	1 900
» »	+ coproporphyrine	» » »	1 850
» »	(témoin).........		62
Hémine (témoin).........			65

PHYTOPHARMACIE. — *Sur les propriétés insecticides des esters aryloxycyclopropanecarboxyliques.* Note (*) de MM. **Marc Julia**, **Guy Viel** et Mlle **Madeleine Chancogne**, présentée par M. René Fabre.

L'action insecticide modérée de substances de la série des esters phénoxycyclopropanecarboxyliques a été mise en évidence. La variation de l'activité en fonction de modifications de la structure chimique a été étudiée.

Certaines substances insecticides naturelles et synthétiques présentent dans leur formule le cycle du cyclopropane ([1]). L'un de nous ayant réalisé la synthèse ([2]) de dérivés aryloxycyclopropanecarboxyliques, nous avons pu mettre en évidence que certains de ces composés possédaient des propriétés insecticides et nous avons alors entrepris à ce point de vue une étude comparative des corps de cette série.

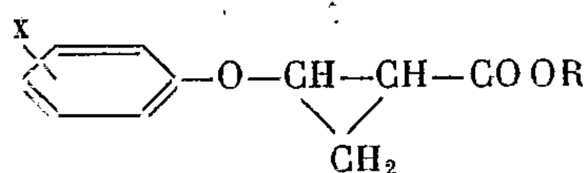
La plupart de nos expériences ont été réalisées par l'application de la méthode du « film toxique » avec *Calandra granaria* L. comme insecte d'essai. On peut déduire de ces essais des doses léthales médianes (D. L. 50) qui malgré leur caractère approximatif permettent une comparaison des pouvoirs insecticides des corps examinés. Dans ce qui suit la D. L. 50 est exprimée en concentrations de la solution utilisée pour former le film toxique sur le fond de boîtes de Pétri, et au contact duquel les charançons sont maintenus 24 h.

(*) Séance du 31 octobre 1955.

([1]) P. Laüger, H. Martin et P. Müller, *Helv. Chim. Acta*, 27, 1944, p. 892-928; W. V. King, *Agriculture Handbook*, n° 69, 1954.

([2]) M. Julia (à paraître).

Les composés examinés avaient la structure



où l'on a fait varier successivement X et R.

Variation de X. — Les différentes D. L. 50 sont présentées dans le tableau I.

TABLEAU I.

Nature de la substitution.	D. L. 50.	Nature de la substitution.	D. L. 50.
Non subst.........	env. 0,8	2. *Substitutions par* Cl :	
1. *Substitutions en para :*		p-Cl.............	0,35
		m-Cl.............	0,53
—F..............	0,44	o-Cl.............	0,89
—Cl.............	0,35	2.4-Cl_2.........	0,49
—Br.............	0,39	2.4.5-Cl_3.........	Inactif à 2 %
—I..............	Inactif à 2 %	2.4.6-Cl_3.........	0,72
—NO_2...........	2,5	3. *Autres substitutions :*	
—CH_3...........	0,44		
—OCH_3..........	1,1	p-Cl o-CH_3.......	0,54
		Naphtyl..........	0,2

Ces résultats montrent l'influence sur l'action insecticide de la nature et de la position des substituants.

Certaines substitutions (—F, —Cl, — Br, —CH_3) accroissent le pouvoir insecticide. Par contre d'autres (—NO_2, —OCH_3, —I) le diminuent considérablement. Une influence semblable de l'iode a déjà été relevée dans d'autres cas (3).

En ce qui concerne la position des substituants (Cl en particulier), la position en para est la meilleure; celle en ortho la moins bonne.

L'accumulation des substitutions chlorées diminue l'efficacité.

Variation de R. — En gardant pour X le groupe p-Cl qui s'était avéré le meilleur dans les essais précédents, nous avons fait varier R. Les résultats sont indiqués dans le tableau II.

Les doses léthales traduisent dans ce cas une constance relative dn pouvoir insecticide jusqu'à C_8, suivie d'une diminution très appréciable allant en s'accentuant avec la longueur de la chaîne. Une telle observation a déjà pu être faite à différentes reprises (3). Il faut encore relever que l'introduction d'un atome de Cl dans le reste alcoyl diminue l'efficacité.

---

(3) M. RAUCOURT et G. VIEL, *Pouvoir insecticide et constitution chimique*, *Centre de perfectionnement technique*, Cours conférence n° 2.704, 12 novembre 1951.

TABLEAU II.

Nature de l'alcoyl.	D. L. 50.	Nature de l'alcoyl.	D. L. 50.
Acide libre	Inactif à 2 %	$C_{12}H_{25}$	1,14
C_2H_5	0,35	$C_{14}H_{29}$	Non actif à 1 %
C_4H_9	0,38	$C_{16}H_{33}$	Non actif à 1 %
C_6H_{13}	0,34	$C_{18}H_{37}$	Non actif à 1 %
C_8H_{17}	0,44	Cyclohexyle	Inactif à 2 %
$C_{10}H_{21}$	0,54	Cyclopentyle	0,68
		Chloréthyle	0,80

Notre étude sur cette série de corps a été complétée en soumettant l'ester éthylique parachloré à d'autres types d'essais et en comparant son action à celle de certains insecticides connus.

Dans l'essai « film toxique » sur *Calandra granaria* L., la D. L. 50 pour l'alléthrine a varié selon les expériences de 0,12 à 0,19, celle d'un extrait de pyrèthres calculée en pyréthrines totales a été de 0,035. L'ester éthylique se présente donc dans cet essai avec une activité environ 1/2 de celle de l'alléthrine et 1/10[e] de celle des pyréthrines.

Sur Mouches domestiques par la méthode du « film toxique » nous avons constaté que l'ester était environ 100 fois moins actif que l'alléthrine et plus de dix fois moins actif que les pyréthrines. En outre, il ne fait pas tomber les mouches immédiatement, comme ces substances. On relève à certaines concentrations une autotomisation des pattes.

Sur Mouches domestiques, en utilisant une méthode de pulvérisation d'une solution des substances dans le cyclohexane, une mortalité de 50 % est obtenue avec une solution à 10 % de l'ester et à 0,25 % d'alléthrine, les pyréthrines sont encore plus actives. L'ester éthylique étudié serait dans ces conditions 40 fois moins actif que l'alléthrine.

Sur Pucerons de la Fève (*Aphis fabæ* L.), une mortalité de 80 % a été observée par pulvérisation, sur l'insecte, de suspensions dans l'eau à 1 % de l'ester ou de l'alléthrine, mais un résultat identique était obtenu avec du γ hexachlorocyclohexane (H. C. H.) à 0,01 %. L'ester est donc 100 fois moins actif que le γ H. C. H.

MICROBIOLOGIE. — *Premier isolement d'une Brucella d'origine porcine en France.* Note de MM. **Jean Verge**, **Alain Paraf** et **Marcel Comyn**, transmise par M. Gaston Ramon.

La Brucellose du Porc était, jusqu'à présent, inconnue en France; seuls Verge, Reboulleau et Placidi, en 1931, avaient signalé sa présence dans la région de Marseille. L'un de nous a observé, depuis deux ans

environ, l'apparition d'une véritable épidémie d'avortements chez les truies dans un secteur important du département du Nord.

Ces avortements sont décelés généralement à la fin de la période de gestation, bien que certains surviennent parfois dès la 6ᵉ ou 7ᵉ semaine qui suit la saillie. Les symptômes sont frustes et se rapprochent de ceux de la mise bas physiologique.

Il nous a été difficile de mettre en évidence les lésions du placenta, étant donné le temps qui s'écoule entre l'avortement et l'examen pratiqué au Laboratoire. Les premiers essais bactériologiques ont été décevants, entraînant l'isolement de germes banaux tels que Streptocoques, Colibacilles et, chez un fœtus, une Pasteurella dans tous les organes.

Devant ces échecs nous nous sommes attachés à rechercher les anticorps spécifiques chez les truies ayant avorté et, en collaboration avec le Docteur Giroud, à examiner s'il était possible d'isoler soit un ultravirus, soit une rickettsie, mais en vain.

Le premier examen du sérum d'une truie avortée depuis 15 jours donnait les résultats suivants :

	Antigène.					
Nature de l'examen.	Para B.	*Choleræ suis.*	*Gærtner.*	*Br. abortus.*	*Rickettsia.*	*Coxiella Burneti.*
Séro-agglutination	1/80	1/80	1/640	1/380	+ + +	–
Déviation du complément	–	–	–	–	+ + +	–

De sorte que l'on était obligé de conclure que l'animal avait été infecté à la fois par une Salmonella du groupe D, par une Brucella et par une Rickettsie.

Connaissant la spécificité de la Brucella comme agent étiologique des avortements chez un grand nombre de mammifères, nos recherches ultérieures portèrent plus particulièrement sur l'isolement de ce germe. Cinq examens sérologiques ne nous permirent pas de retrouver d'anticorps agglutinant soit les Rickettsies, soit les Coxielles de la Fièvre Q; les agglutinines vis-à-vis des Salmonella du groupe D se rencontraient presque toujours au faible taux de 1/40 à 1/80; en revanche les agglutinines antibrucelliques étaient présentes au taux de 1/160 à 1/640 dans quatre cas sur cinq. Ces tests sérologiques nous permettaient donc déjà de présumer que la Brucella était bien l'agent étiologique des avortements observés chez les truies.

Tous les examens bactériologiques, pratiqués sur des fœtus prématurément nés entre le mois d'avril et le mois d'octobre 1955, ne nous permirent d'isoler que des germes banaux. Enfin nous avons reçu un avorton en bon état de conservation dont le placenta a semblé cependant anormal. Le fœtus présentait une hépatite dégénérative et un contenu stomacal

légèrement sanguinolent; tous les autres organes étaient normaux. Des cultures sont réalisées à partir du cerveau, du poumon, du foie, du contenu stomacal et du placenta sur des milieux placés en aérobiose et en anaérobiose. Nous avons pu ainsi isoler, au niveau de tous les organes mais en culture pure à partir du contenu stomacal un petit germe Gram négatif, immobile, cultivant sur milieu gélose-sérum en l'absence de CO_2. Les colonies sont visibles à partir de la 48e heure ou, mieux, de la 72e heure, sous la forme de petites gouttelettes de rosée transparentes. A partir du 4e jour, elles prennent une teinte bleutée. Lorsque les repiquages sont faits abondamment sur le même milieu, on obtient un enduit jaunâtre muqueux.

Les propriétés glucidolytiques du microbe sont faibles et ne s'observent pratiquement qu'après 8 jours d'étuve, en particulier sur le glucose; la plupart des sucres sont alcalinisés. La souche ne produit pas d'indole sur le milieu de Ferguson, mais attaque l'urée avec virage au bout de 3 mn. Les tests de Huddleson nous ont donné les résultats suivants :

	24 h.	48 h.	72 h.	96 h.
Thionine au 1/120 000e	+	+	+	+
» 1/100 000e	+	+	+	+
» 1/ 80 000e	+	+	+	+
» 1/ 50 000e	+	+	+	+
» 1/ 20 000e	+	+	+	+
Fuchsine au 1/120 000e	—	—	—	—
» 1/100 000e	—	—	—	—
» 1/ 80 000e	—	—	—	—
» 1/ 50 000e	—	—	—	—
» 1/ 20 000e	—	—	—	—
Production de SH_2	±	+	+	+

Nous voyons donc que la thionine permet parfaitement la culture de cette souche alors que la fuchsine l'inhibe complètement, même à la faible concentration de 1/120 000e. La production de l'hydrogène sulfuré est très abondante. Le germe cultive en l'absence de gaz carbonique dès l'isolement. *Il s'agit donc d'une souche de Brucella suis.*

L'attaque extrêmement rapide de l'urée peut faire penser à l'identification d'une souche américaine et non pas d'une souche danoise, dont le temps d'attaque excède généralement 4 mn selon Jacotot.

En conclusion, nous apportons la preuve de l'existence d'une Brucellose porcine en France et nous avons pu isoler l'agent étiologique : *Brucella suis*. Il est à remarquer que plusieurs souches de *Brucella suis* ont déjà été isolées, en 1951 et 1952, à l'Institut Pasteur de Paris par Jacotot et Vallée, à partir de cadavres de lièvres provenant du département de la Somme.

Il est possible que la contamination des porcs se soit faite par l'intermédiaire de lièvres infectés, l'origine de la maladie en France pouvant être recherchée dans le fait que des lièvres ont été importés, il y a quelques années, dans le Nord, en provenance de pays étrangers où sévit la Brucellose du Porc.

MICROBIOLOGIE. — *Sur l'action gélatinolytique des filtrats de culture du* Proteus, *de* B. subtilis *et de* P. æruginosa *à des pH différents.* Note de MM. **Raoul Kourilsky, Rémy Richou** et M[lle] **Jacqueline Schlaepfer**, présentée par M. Gaston Ramon.

Poursuivant l'étude (1) de la gélatinolysine présente dans les filtrats de culture du *Proteus*, de *B. subtilis*, de *P. æruginosa*, nous avons étudié l'action gélatinolytique de ces filtrats à des pH différents.

On prépare plusieurs solutions de gélatine à 3 %, ajustées à des pH compris entre pH 4 et pH 8,6 (2), que l'on répartit en tubes sous le volume de 1 cm^3. Le pouvoir gélatinolytique est alors recherché, par la méthode habituelle (3), vis-à-vis de ces différentes solutions de gélatine.

L'addition à chaque tube de gélatine de 1 cm^3 de filtrat — dont le pH est compris entre 6,8 et 7,4 — modifie le pH de la gélatine. Il y a donc lieu de déterminer le pH des mélanges gélatine-filtrat. Cette détermination indique que ces divers mélanges sont aux pH suivants : pH 4,6-5,2; pH 6,8-7,2; pH 8-8,5.

Le tableau ci-après rend compte des résultats obtenus.

On constate, à l'examen de ce tableau, que les filtrats de culture de *B. subtilis*, de *Proteus* et de *P. æruginosa* ont, dans les mêmes conditions, un pouvoir gélatinolytique très variable, selon le pH auquel s'exerce leur action (4).

Relativement faible à pH 4,6-5,2, notable à pH 6,8-7,2, cette action est surtout marquée à pH 8-8,5.

A ce dernier pH, par exemple, certains filtrats apparaissent 10 fois plus actifs qu'à pH 6,8-7,2 et 30 fois plus actifs qu'à pH 4,6-5,2.

Ces résultats montrent que si l'on désire obtenir le maximum d'activité d'une diastase microbienne gélatinolytique, il faut faire agir cette diastase à un pH alcalin précis.

---

(1) R. Richou et R. Kourilsky, *Revue d'Immunologie*, 18, 1954, p. 140.

(2) Les solutions de gélatine à 3 %, ajustées à pH 3 ou à un pH supérieur à pH 9 demeurent liquides.

(3) R. Richou et R. Kourilsky, *loc. cit.*

(4) On sait qu'il existe un pH optimum d'activité pour chaque enzyme; il serait, pour la majorité des enzymes, compris entre pH 4 et pH 7.

Filtrat de culture de	Pouvoir gélatinolytique (en unités). pH 4,6-5,2.	pH 6,8-7,2.	pH 8-8,5.
Subtilis 112	+ 80 — 100	100	+ 100 — 300
» 113	»	+5 000 — 10 000	+10 000 — 30 000
» 114	»	+ 30 — 50	+ 100 — 300
» 115	+ 80 — 100	+1 000 — 3 000	+10 000 — 30 000
Proteus 131	+ 300 — 500	+ 800 — 1 000	+ 3 000 — 5 000
» 133	»	+1 000 — 3 000	3 000
» 134	»	+3 000 — 5 000	+ 10 000 — 30 000
» 135	+ 300 — 500	+1 000 — 3 000	+ 5 000 — 10 000
» 136	»	+1 000 — 3 000	+ 5 000 — 10 000
» 137	»	+1 000 — 3 000	+ 5 000 — 10 000
P. æruginosa 108	+ 300 — 500	800	+ 3 000 — 5 000
» 120	+ 300 — 500	+1 000 — 3 000	+10 000 — 30 000
» 121	+ 300 — 500	+1 000 — 3 000	+10 000 — 30 000
» 122	+ 300 — 500	+ 1000 — 3 000	+10 000 — 30 000
» 123	+1 000 — 3 000	+3 000 — 5 000	+10 000 — 30 000
» 124	+ 100 — 300	+ 300 — 500	+ 1 000 — 3 000
» 125	+ 30 — 50	+ 100 — 300	+ 1 000 — 3 000
» 126	+ 30 — 50	+ 100 — 300	+ 500 — 800
» 127	+ 30 — 50	+ 100 — 300	+ 500 — 800
» 128	»	+ 500 — 800	+ 800 — 1 000

A 16 h l'Académie se forme en Comité secret.

COMITÉ SECRET.

La Commission nommée à cet effet présente une liste de Savants susceptibles d'être élus Associés étrangers pour chacune des places vacantes par la mort de M. *Albert F. Blakeslee* et de Sir *Alexander Fleming*.

La séance est levée à 16 h 30 m.

R. C.

ERRATA.

(*Comptes rendus* du 1er août 1955.)

Note présentée le 25 juillet 1955, de MM. *Adolphe Pacault* et *André Marchand*, Étude du magnétisme d'un gaz d'électrons à deux dimensions :

Page 491, 19e ligne, *au lieu de* $T_0 = (\varepsilon_0/h) = (Nh^2\alpha/4\pi m)$, *lire* $T_0 = (\varepsilon_0/k) = (Nh^2\alpha/4\pi mkS)$.

(*Comptes rendus* du 22 août 1955.)

Note présentée le 1er août 1955, de MM. *Roger Philip* et *Jean Trompette*, Détermination simultanée des constantes optiques et de l'épaisseur des lames très minces d'argent dans le visible et le proche ultraviolet :

Page 627, 19e ligne, *au lieu de* $\delta = (8000\ ev/\lambda)$, *lire* $\delta = (800\ ev/\lambda)$.
» 629, dans le tableau, colonne 2, 7e ligne, *au lieu de* 9,94, *lire* 9,4.



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 14 NOVEMBRE 1955.

PRÉSIDENCE DE M. LOUIS FAGE.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

GÉOLOGIE. — *L'arkose de Cosne (Allier).*

Note de MM. **Pierre Pruvost, Louis Bougnères** et **Marc Deschamps.**

En Bourbonnais, l'arkose de Cosne, jusqu'à présent considérée comme permienne, est en réalité d'âge tertiaire et y représente le Sidérolithique.

Il existe, en Bourbonnais, entre la vallée du Cher et celle de l'Allier, une formation détritique pouvant atteindre 50 m de puissance, rouge, souvent même rutilante, jaune ou blanche, dénommée *arkose de Cosne.* Elle est subhorizontale, descendant lentement au Nord (pente de 0,5 %), et elle coiffe au Sud les hauteurs, à l'état de lambeaux témoins d'une couverture démantelée. Son plus beau développement est au Nord et au Sud de Cosne-d'Allier. C'est une arkose souvent grossière, admettant des lits de conglomérats à galets de roches cristallines, de plus en plus nombreux en allant vers le Sud, où elle s'appuie directement sur le socle granitique. Des bancs d'argile rouge ou jaune s'y intercalent et de nombreux filonnets ou géodes de calcédoine la parsèment.

Après bien des hésitations, et tout en faisant remarquer que ses caractères sont « identiques aux argiles et aux grès sidérolithiques » connus plus à l'Ouest, L. de Launay, qui l'avait étudiée en détail (1), s'est décidé à l'attribuer au Paléozoïque et à la ranger dans le Permien, pour une raison qui lui paraissait décisive : on y avait recueilli, en deux localités, des plantes permo-houillères. C'est cette solution qu'il a adoptée dans la légende dès notices explicatives de la Carte géologique de France au 1/80 000e (feuilles de Moulins et de Montluçon).

(1) *Bull. Soc. Géol. Fr.*, 3e série, 16, 1887-1888, p. 298 et suiv. et *Bull. Serv. Carte géol. Fr.*, 30, 1892, p. 1.

Depuis, l'attribution de l'arkose de Cosne au Permien n'a plus été mise en doute. Et pourtant elle apparaissait difficilement acceptable du point de vue de la stratigraphie générale, car en Bourbonnais, sur la série autunienne complète (assise de Buxières, représentant l'Autunien inférieur, et assise de Bourbon, avec ses calcaires et schiste-papier à Poissons, représentant l'Autunien supérieur à *Callipteris*), on connaît déjà, en transgression et discordance, les grès et argiles rouges saxoniens de Franchesse. Ranger l'arkose de Cosne, bien distincte de ce Saxonien, dans le Permien rouge, ajoutait à la succession Autunien-Saxonien une troisième série discordante, totalement inconnue ailleurs.

A l'occasion d'une campagne de sondages entreprise en 1954 dans le bassin de l'Aumance, sous la direction de M. C. Monomakoff, Chef du Service géologique des Charbonnages de France, nous nous sommes employés, au cours de tournées communes, à résoudre cette énigme stratigraphique, qui s'était posée à l'un de nous (P. P.). Le problème consistait à contrôler la valeur des observations paléontologiques qui avaient décidé L. de Launay à attribuer cette formation au Permien. Nous avons ainsi constaté que l'on ne pouvait les retenir. En effet, dans les deux localités où des plantes permo-houillères ont été recueillies, les formations qui les contiennent sont nettement antérieures à l'arkose de Cosne.

1° Aux Houillères de Montvicq, H. Fayol avait signalé dans l'arkose des *Pecopteris polymorpha*, *Calamites suckowi*, *Annularia longifolia*, *Cordaites*, au puits Sainte-Marie et dans les carrières avoisinantes. Mais cette flore, en réalité stéphanienne, se trouve localisée dans un petit banc d'argile blanchâtre située au contact même du houiller, à la base de l'arkose. Il s'agit d'un phénomène bien connu d'altération des schistes houillers sous les morts-terrains qui les recouvrent. Les fossiles appartiennent au substratum de l'arkose. Seraient-ils même, comme H. Fayol semble l'avoir observé une fois, renfermés dans un bloc d'argile au sein de l'arkose de Cosne, là encore il apparaît, à l'examen de la coupe donnée par L. de Launay ([2]) d'un front de carrière aujourd'hui disparu, que le bloc fossilifère y était remanié : la forte pente, sur laquelle s'est ici déposée l'arkose aux flancs d'un ancien relief en voie d'ensevelissement, explique que des paquets de schistes stéphaniens se soient mélangés au cailloutis en cours d'accumulation.

2° Le second point fossilifère, découvert par L. de Launay, se trouve à 14 km au Nord, dans les carrières du Chatelet et de la Moullière, à l'Ouest de Buxières. On y exploite une arkose blanche, alternant avec des lits de poudingue à galets de granite et micaschiste. A différents niveaux, les bancs les plus fins, argileux, de cette formation renferment des plantes

([2]) *Loc. cit.*, 1892, *fig.* 15.

et le *Pecopteris polymorpha* y abonde. L'âge permo-houiller de cette arkose est incontestable, car les fossiles en sont contemporains. Mais il ne s'agit pas de l'arkose de Cosne. Cette arkose à flore permienne est ici le conglomérat de base de l'assise de Buxières; nettement inclinée (25° N), elle plonge, en effet, sous les schistes de Buxières, dont le charbon a été exploité à peu de distance au Nord (mine de la Basse Aumance). Il y a donc lieu de distinguer sous le nom d'*arkose de la Moullière*, cette formation qui représente la base de la série autunienne.

Si elle a été confondue avec l'arkose de Cosne, erreur contre laquelle aurait pu prémunir sa forte inclinaison, c'est que la véritable arkose de Cosne se trouve au voisinage immédiat, couronnant à son habitude les hauteurs sous la forêt de Dreuille. Précisément, l'un de nous (M. D.) l'a observée cet été, dans une carrière ouverte au milieu de cette forêt (Rond des Tourneaux). En bancs subhorizontaux (inclinés 1 % vers le Sud-Est), de couleur grisâtre avec des éléments rouges concrétionnés, elle renferme de beaux feldspaths blancs et passe vers le bas à un conglomérat à galets de quartz, de roches granitiques, auxquels se mélangent des galets de silex noirs à patine blanche, empruntés vraisemblablement au Jurassique, ce qui souligne l'âge tertiaire de ce dépôt. Ces caractères sont bien différents de ceux de l'arkose blanche de la Moullière, affleurant à 2 km de là. Mais, dans cette région couverte, on passe sur le terrain de l'arkose blanche à l'arkose rouge sans que leur superposition soit directement observable. Il n'en est pas moins évident que les contours et les notations de la carte géologique seront à réviser dans ce sens.

De ce qui précède, il résulte que la flore signalée dans l'arkose de Cosne, ou bien est étrangère et antérieure à cette formation (cas de Montvicq), ou bien, lorsque cette flore est bien contemporaine de la roche qui la renferme (cas de Le Chatelet-La Mouillère), cette dernière est une formation différente de l'arkose de Cosne, malheureusement confondue avec elle.

Ayant levé l'hypothèque qui pesait sur l'arkose de Cosne, par le fait de ses fossiles, décidément apocryphes, on peut lui rendre la place qu'elle aurait dû toujours occuper au sein du Sidérolithique. Si, jusqu'à présent, elle n'a point encore livré de fossiles contemporains de sa formation, du moins ses caractères pétrographiques et stratigraphiques sont, comme L. de Launay en avait été frappé il y a 60 ans, identiques à ceux du revêtement sidérolithique qui ceinture, au Nord et à l'Ouest, le Massif Central. C'est donc *un dépôt continental d'âge tertiaire, et non permien.*

Il reste à étudier ce Sidérolithique du Bourbonnais pour lui-même, à en préciser les variations latérales et les relations avec les formations lacustres du Berry (calcaires et meulières) renfermant une faune stampienne, qui le relaient au Nord. C'est à cette tâche que s'emploie actuellement l'un de nous (M. D.), tandis qu'un autre des signataires de cette

Note (L. B.) analyse la série stratigraphique autunienne du Bourbonnais et également ses variations latérales, en s'éclairant des sondages et des travaux miniers.

Ajoutons en terminant, que l'arkose de Cosne est affectée par la grande faille Nord-Sud de Sancerre, à l'Est de laquelle elle est brutalement effondrée, entre Theneuille et Louroux-Bourbonnais. Cette faille ([3]), qui donne passage à des eaux minérales (La Trolière-en-Theneuille), est bien de la famille des failles, dites thermales, qui effondrent l'Oligocène de la Limagne d'Allier.

ENDOCRINOLOGIE. — *L'œstrogène interrompt la gestation chez certaines espèces par antagonisme hormonal.* Note de MM. **Robert Courrier** et **Edvart Sakiz.**

Les œstrogènes ont une action abortive très nette chez certaines espèces. Cette action doit mettre en jeu un antagonisme vis-à-vis de la progestérone des corps jaunes, alors indispensable à la gestation, puisqu'un excès de progestérone s'oppose à la nocivité des œstrogènes.

Dans un livre de l'un de nous sur l'endocrinologie de la gestation ([1]), un chapitre traite de l'interruption hormonale de cette manifestation. On y voit que la folliculine œstrogène peut mettre fin à la gravidité chez certaines espèces (lapin, chat, souris, rat, chien). Nous avons communément appelé ce phénomène : l'avortement folliculinique.

Or, on sait que l'œstrogène peut s'opposer, dans certaines conditions, à l'influence de la progestérone sur l'utérus; nous avons poursuivi de longues recherches sur cette question ([2]). Puisque la progestérone ovarienne est nécessaire à la gestation pendant un temps plus ou moins long, il était permis de supposer que l'avortement folliculinique mettait en œuvre un mécanisme de conflit entre les deux hormones. Mais ne partageant pas cette manière de voir, plusieurs auteurs ont admis que l'œstrogène exerçait directement sur l'embryon une action toxique.

Nous avons souligné autrefois que pour démontrer l'intervention d'un antagonisme hormonal dans l'interruption de la grossesse par l'œstrogène, il faut prouver qu'une dose abortive de cet œstrogène perd toute nocivité en présence de progestérone en quantité suffisante.

([3]) L. de Launay (*loc. cit.*, 1892-1893, *pl.* II) en a donné une photographie d'autant plus précieuse que l'affleurement est actuellement disparu, envahi par la végétation.

([1]) R. Courrier, *Endocrinologie de la gestation*, Masson, Paris, 1945.

([2]) R. Courrier, *Interactions between œstrogens and progesterone. Vitamins and Hormones*, 8, 1950, p. 179-214.

N'ayant pas réussi jusqu'à présent, chez la Lapine, à nous opposer à l'avortement folliculinique en administrant beaucoup de progestérone, nous avons repris le problème chez la Souris. Dans cette espèce, un antagonisme peut exister entre les deux hormones femelles; F. Morel (3) a démontré le fait dans notre laboratoire contrairement aux affirmations de certains biologistes.

Il y a deux ans, R. C. Freire et l'un de nous (4) ont apporté des résultats préliminaires sur le sujet en utilisant, chez la Souris, un œstrogène artificiel réalisé dans notre laboratoire par A. Horeau et J. Jacques (5). Il s'agit de l'acide diméthyl-éthyl-allénolique. Voici ce qui a été obtenu : comme l'œstradiol naturel, l'œstrogène artificiel empêche aisément l'installation de la grossesse chez la Souris; à la dose quotidienne de 5 γ, du 4e au 9e jour de la gestation, l'acide diméthyl-éthyl-allénolique s'oppose à la nidation. En injectant de la progestérone avec la même quantité d'œstrogène artificiel, on observe quelques différences : sur 20 animaux, 18 montrent des traces certaines de gestation, mais un seul présente au 15e jour des fœtus vivants. Les résultats étaient encourageants, mais nécessitaient de nouvelles recherches pour permettre une conclusion ferme. Il faut que l'adjonction de progestérone corrige plus nettement l'effet abortif de l'œstrogène.

Nous apportons aujourd'hui des résultats plus démonstratifs. Dans de telles expériences, deux variables ont une grande importance : la quantité d'œstrogène administrée et l'âge de la gestation au moment où l'on opère.

Première série d'expériences. — On injecte par jour 5 γ d'acide diméthyl-éthyl-allénolique (éther méthylique) du 4e au 10e jour de la gestation; le premier jour étant fixé par l'existence d'un bouchon vaginal. L'autopsie est pratiquée le 14e jour : on n'observe jamais de grossesse en évolution.

On recommence le même traitement, mais les animaux reçoivent en plus de 3 à 6 mg de progestérone par jour à partir du 3e jour jusqu'au 12e. On trouve alors à l'autopsie des embryons vivants dans 3 cas sur 15. Le résultat n'est pas encore satisfaisant.

Deuxième série d'expériences. — On injecte par jour 2,5 γ d'acide diméthyl-éthyl-allénolique (éther méthylique) du 3e au 9e jour de la gestation. Sur 20 femelles traitées, aucune ne présente de trace de gestation.

On recommence le même traitement, mais les animaux reçoivent en plus par jour 3 mg de progestérone du 2e au 11e jour. Sur 11 souris traitées, les résultats de l'autopsie, effectuée le 14e jour, sont les suivants :

— 7 femelles ont des fœtus vivants et normaux;

— 1 femelle présente des traces de gestation interrompue;

(3) *C. R. Soc. Biol.*, 142, 1948, p. 1409.

(4) R. Courrier et R. C. Freire, *Comptes rendus*, 237, 1953, p. 949.

(5) R. Courrier, A. Horeau et J. Jacques, *C. R. Soc. Biol.*, 142, 1948, p. 146.

— 3 femelles ont des utérus petits, sans aucun signe d'avortement ni de grossesse.

On doit remarquer que, chez certaines de ces trois dernières femelles, la gestation aurait pu ne pas se produire dans les conditions normales; le bouchon vaginal est le signe de la copulation, mais la grossesse ne s'en suit pas dans tous les cas.

Cette deuxième série d'expériences nous permet d'affirmer qu'une certaine quantité d'œstrogène artificiel, qui s'oppose à la gestation 20 fois dans 20 essais, peut voir son influence nocive disparaître en présence de progestérone à forte dose (7 cas positifs sur 11 essais). La progestérone en excès peut ainsi neutraliser l'action abortive de l'œstrogène chez la Souris.

Les expériences sont faites au début de la gestation, c'est-à-dire au moment où la progestérone ovarienne est indispensable. Il semble que l'œstrogène interrompe la gravidité en neutralisant l'action progestative des corps jaunes ovariens, puisque l'hormone progestative fournie du dehors en surplus permet à la grossesse de se poursuivre.

L'avortement folliculinique paraît bien reposer sur l'antagonisme hormonal qui avait été démontré chez la femelle non gestante.

BOTANIQUE. — *Classification des pins diplostélés.*

Note (*) de M. **Henri Gaussen.**

L'Institute of Forest Genetics, California Forests and Range experiment Station poursuit d'intéressantes expériences d'hybridation entre diverses espèces de Pins. Les réussites sont naturellement plus probantes que les échecs, mais les unes et les autres apportent une intéressante contribution à la difficile élaboration d'une classification naturelle du genre. J. W. Duffield (1952) a montré les qualités et les défauts des classifications de Shaw (1914) et Pilger (1925) et propose une classification améliorée.

Ayant étudié cette question, je suis arrivé à une classification qui n'est pas encore tout à fait au point, mais je puis dire que, comme le remarque Duffield, la classification de Shaw est meilleure que celle de Pilger et j'ajoute que celle de Duffield est supérieure aux deux autres sans être encore parfaite (tableau I).

J'ai utilisé les espèces dont il consigne les affinités pour l'hybridation et propose ici un tableau dressé d'après les relations que j'ai établies. Mlle de Ferré (1952) estime que les hybrides se forment normalement entre espèces ayant la même formule cotylédonaire. Il m'a paru aussi

(*) Séance du 7 novembre 1955.

que les structures du bois doivent être voisines. La répartition géographique et un grand nombre d'autres caractères sont satisfaisants dans les groupes établis ci-dessous.

Tableau I.

IFG - 1952

I

	♀ \ ♂	CANARIENSIS	PINEA	RESINOSA	DENSIFLORA	SILVESTRIS	THUMBERGII	NIGRA	HALEPENSIS	PINASTER	CARIBAEA	PALUSTRIS	ECHINATA	TAEDA	GLABRA	RIGIDA	PUNGENS	MONTEZUMAE	PONDEROSA	LATIFOLIA	ARIZONICA	JEFFREYI	TORREYANA	COULTERI	BANKSIANA	CONTORTA	VIRGINIANA	RADIATA	MURICATA	ATTENUATA	PATULA
		X LARICIONES									XI							XII							XIII			XIV			
	CANARIENSIS																														
	PINEA																														
X-LARICIONES	RESINOSA																														
X-LARICIONES	DENSIFLORA												X	X									X								
X-LARICIONES	SILVESTRIS			X			X																		X	X			X	X	
X-LARICIONES	THUMBERGII			X																					X	X		X		X	
X-LARICIONES	NIGRA			X		X	X																								
X-LARICIONES	HALEPENSIS																X									X		X	X	X	
X-LARICIONES	PINASTER	X							X																			X	X		
XI	CARIBAEA																		X												
XI	PALUSTRIS										■			■																	
XI	ECHINATA										■	X		■	■	■															
XI	TAEDA										■		■																		
XI	GLABRA																														
XI	RIGIDA													■																	
XI	PUNGENS																												X		
XII	MONTEZUMAE													X																	
XII	PONDEROSA		X									X	X	X				■		■	■	■		X		X					
XII	LATIFOLIA																		■												
XII	ARIZONICA																		■												
XII	JEFFREYI									X	X		X	X	X			■	■					■		X					
XII	TORREYANA																														
XII	COULTERI																			X	X										
XIII	BANKSIANA										X			X														X			
XIII	CONTORTA				X	X	X		X										X			X		X	■			X	X		
XIII	VIRGINIANA																														
XIV	RADIATA								X																						
XIV	MURICATA																											■			
XIV	ATTENUATA								X	X		X			X												X	■	■		X
XIV	PATULA																											X			

Le tableau utilise les espèces citées par Duffield et j'ai ajouté quelques documents admis par les auteurs européens. Je crois que le tableau que je propose est un progrès (tableau II).

L'étude du groupe très homogène des *Cembrapinus* où la structure du bois est du type *Strobus* donne un résultat intéressant : On y voit que la formule cotylédonaire analogue est aussi importante que la parenté. Ainsi *P. Lambertiana* a pour formule 10 B/5 et *Armandi* dont la parenté est assez éloignée a aussi 10 B/5. Ces deux espèces s'hybrident. Je rappelle qu'une espèce de *Tsuga* peut s'hybrider avec une espèce de *Picea* ayant la même formule cotylédonaire, c'est un exemple très remarquable car la parenté est très lointaine. Cela explique que *densiflora* qui appartient au groupe *silvestris* puisse s'hybrider avec *Thunbergii* du groupe *Khasya.* Ils ont tous deux en commun la formule 6 B/3. Les structures de bois de *silvestris* et *Khasya* sont assez voisines et j'admets que le groupe *Khasya* a un ancêtre dans le groupe fossile à structure *silvestris.*

TABLEAU II.

II ♂ / ♀	PINEA	CANARIENSIS	HALEPENSIS	THUMBERGII	DENSIFLORA	RESINOSA	NIGRA	UNCINATA	SILVESTRIS	PINASTER	TORREYANA	COULTERI	MONTEZUMAE	JEFFREYI	ARIZONICA	PONDEROSA	LATIFOLIA	PATULA	ATTENUATA	RADIATA	MURICATA	REMORATA	CONTORTA	BANKSIANA	PUNGENS	VIRGINIANA	RIGIDA	ECHINATA	TAEDA	GLABRA	CARIBAEA	PALUSTRIS	
PINEA	•																																PARR. 3
CANARIENSIS		•																															SULA 3
HALEPENSIS			•																X	X	X		X		X								
THUMBERGII				•	■	X													X	X			X	X									KHAS. 1
DENSIFLORA				■	•						X																	X	X				SILVESTRIS 1 ou 2
RESINOSA						•																											
NIGRA				X		X	•		■																								
UNCINATA								•																									
SILVESTRIS				X		X		■	•										X		X		X	X									
PINASTER		X	X							•										X	X												PINAS. 1
TORREYANA											•																						PONDEROSA 2 ou 3
COULTERI												•			X		X																
MONTEZUMAE													•																X				
JEFFREYI										X		■	■	•		■												X	X	X	X		
ARIZONICA															•	■																	
PONDEROSA	X											X	■	■	■	•	■						X					X	X			X	
LATIFOLIA																■	•																
PATULA																		•		X													PONDEROSA 1
ATTENUATA			X							X								X	•	■	■					X				X		X	
RADIATA			X																	•													
MURICATA																				■	•												
REMORATA																				■		•											
CONTORTA			X	X	X				X			X		X		X				X	X		•	■									TÆDA 1 ou 2
BANKSIANA																				X				•					X		X		
PUNGENS																					X				•								
VIRGINIANA																										•							
RIGIDA																											•		■				
ECHINATA																											■	•	■	■	■	X	
TAEDA																												■	•		■		
GLABRA																														•			
CARIBAEA																X															•		
PALUSTRIS																													■		■	•	
	PARR. 3	SULA 3		KHAS. 1	SILVESTRIS 1 ou 2					PINAS. 1	PONDEROSA 2 ou 3							PONDEROSA 1					TÆDA 1 ou 2										

En conclusion, on peut dire que les expériences d'hybridation ont un grand intérêt pour mettre de l'ordre dans la classification mais elles ne prouvent pas nécessairement la parenté.

Note. — Dans le tableau, quelques espèces surtout américaines ont été seules considérées. Voici une idée de la classification générale que je propose (ancien monde en italique; 1, cotylédons du type A; 2, types A et B; 3, type B).

Silvestris 1/2/3 : *silvestris*, *nigra*, *uncinata*, *densiflora*, resinosa, tropicalis.

Tæda 1/2/3 : occidentalis, oocarpa, palustris, Pringlei, Hartwegii, caribæa, hondurensis, glabra, echinata, serotina, rigida, Banksiana, contorta ([1]), clausa, virginiana, pungens.

Ponderosa 1 : Teocote, Oaxacana, coatepecensis, Pseudostrobus, Durangensis, remorata, muricata, attenuata, radiata, patula.

Ponderosa 2/3 : ponderosa, latifolia, arizonica, Jeffreyi, Douglasiana, tenuifolia, lutea, Montezumæ, rudis, Michoacana, Torreyana, Coulteri, Sabiniana, Lumholtzii, leiophylla, Chihuahuana.

Pinaster 1 : *Pinaster*, *mesogeensis*.

Sula 2/3 : *leucodermis*, *Merkusii*, *longifolia*, *canariensis*, *Halepensis*, *Brutia*.

([1]) La place de cette espèce est obscure, son bois la rapproche du type *ponderosa*. Ce groupement est encore provisoire.

Khasya 1/2/3 : *Khasya*, *Thunbergii*, *Luchuensis*, *densata*, *insularis*, *Massoniana*, *sinensis*, *tabulæformis*.

Parrya 2/3 : edulis, cembroides, monophylla, Parryana, Pinceana, Nelsoni.

(haplostélé sauf *Pinea*) *Pinea*, *Bungeana*, *Gerardiana*. Aristata, Balfouriana.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Sur le déterminisme de la symétrie bilatérale chez les Amphibiens et les Oiseaux*. Note de M. **Paul Ancel**.

Si la symétrie bilatérale est déterminée par la rotation de symétrisation chez les Oiseaux comme elle l'est chez les Amphibiens, elle ne peut se produire que dans la partie initiale de l'oviducte.

Ancel et Vintemberger (1) ont montré que chez les Amphibiens la symétrie bilatérale est déterminée par la rotation de fécondation et que cette rotation n'est pas, comme on l'admettait, une rotation en masse de l'œuf mais une rotation du cortex de l'œuf sur la masse centrale immobile. Cette rotation corticale dénommée par eux rotation de symétrisation fait apparaître sur la face dorsale présomptive un croissant gris qui permet de reconnaître cette face et en outre l'orientation du plan de symétrie (*fig.* 1). La localisation du croissant gris peut être obtenue expérimentalement par une rotation imprimée à l'œuf avant que débute la rotation de symétrisation. Ces auteurs ont nommé cette rotation expérimentale, rotation d'orientation parce qu'elle ne réalise pas la symétrie bilatérale et oriente seulement en sens et direction la rotation de symétrisation. L'orientation du plan de symétrie dépend en effet de la direction du plan vertical dans lequel se réalise la rotation de symétrisation et la localisation des faces dorsale et ventrale présomptives du sens dans lequel elle s'exécute (*fig.* 1).

Chez les Oiseaux, le rapport à peu près constant du plan de symétrie avec le grand axe de l'œuf pondu et le fait que l'œuf subit dans les voies génitales un mouvement de rotation susceptible d'orienter la rotation de symétrisation permet de penser que cette première rotation peut jouer le même rôle que la rotation imprimée par l'expérimentateur à l'œuf des Amphibiens.

Chez ces derniers, la rotation de symétrisation se produit sur tous les œufs activés quel que soit l'agent d'activation physique, chimique ou spermatozoïde. Elle a parmi les phénomènes de l'activation une place strictement délimitée entre le rejet du deuxième globule polaire et l'apparition du premier sillon de segmentation. Le plan de symétrie bilatérale qu'elle fait apparaître sépare la partie de l'œuf qui donnera la moitié gauche de l'embryon de celle qui donnera la moitié droite, et un plan vertical

(1) *Bull. Biol. Fr. et Belg.*, 1948, suppl. 31, p. 1-182.

perpendiculaire au plan de symétrie sépare l'une de l'autre les faces dorsale et ventrale présomptives.

Si la rotation de symétrisation se produisait après la division de l'œuf en deux blastomères, elle ferait apparaître un plan de symétrie bilatérale dans chacun des deux blastomères placés côte à côte, ces deux plans seraient parallèles. La moitié droite présomptive d'un blastomère serait ainsi placée

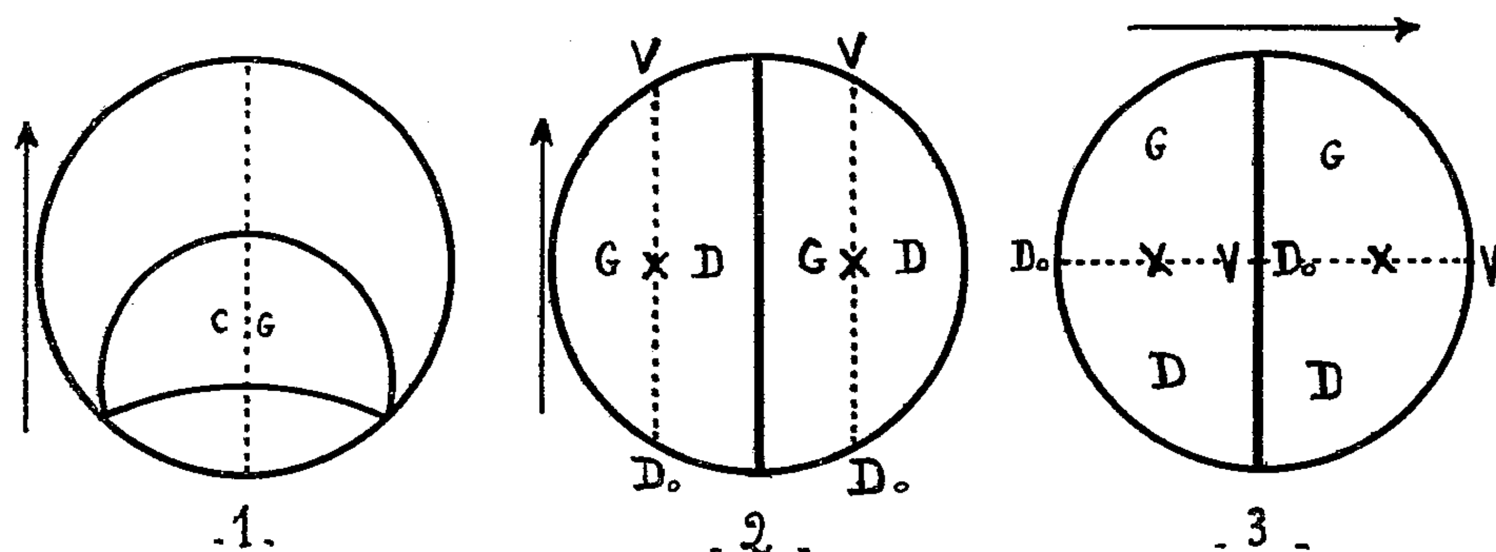


Fig. 1. — Face dorsale d'un œuf d'Amphibien après rotation de symétrisation.

Fig. 2 et 3. — Œufs divisés en deux blastomères, vus d'en haut. Plans de segmentation en trait plein. Plans de symétrie en pointillé. Les flèches indiquent la direction et le sens de la rotation de symétrisation, et les croix le pôle supérieur. D, moitié droite, et G, moitié gauche de chaque blastomère. D_0, face dorsale et V, face ventrale présomptives.

au contact de la partie gauche de l'autre (*fig.* 2). Dans le cas d'une orientation de la rotation de symétrisation à 90° de la précédente, les plans de symétrie seraient confondus dans les deux blastomères, les moitiés droites et gauches seraient bien en continuité, mais la moitié dorsale présomptive de l'un serait au contact de la moitié ventrale de l'autre (*fig.* 3). Il y aurait donc une impossibilité à produire un embryon normal, impossibilité illustrée par ce fait que dans les cas de montres doubles on n'a jamais vu la partie ventrale de l'un des composants accolée à la partie dorsale de l'autre. Cette impossibilité se retrouverait *a fortiori* si la rotation de symétrisation se produisait à un stade plus avancé du développement. La rotation de symétrisation ne peut donc se faire que dans l'œuf indivis, par conséquent dans la partie des voies génitales situées en avant de l'isthme où l'œuf arrive divisé en deux blastomères (Patterson) (²) et où il séjourne pendant une heure avant d'entrer dans l'utérus.

La conception suivant laquelle le déterminisme de la symétrie bilatérale chez les Oiseaux serait déterminée par une rotation de l'œuf dans l'utérus alors que cet œuf est au stade blastula n'est donc pas admissible.

(²) *J. Morphol.*, 21, 1910, p. 101-134.

ÉLECTIONS.

Par la majorité absolue des suffrages, MM. **Ernst Gäumann** et **Alfred Blalock** sont élus Associés étrangers en remplacement de M. *Albert F. Blakeslee* et de Sir *Alexander Fleming*, décédés.

CORRESPONDANCE.

M. le **Ministre de l'Éducation nationale** invite l'Académie à lui présenter une liste de deux candidats à la place de Membre titulaire du *Bureau des Longitudes* vacante par la mort de M. *Jean Chazy*.

(Renvoi à la Division des Sciences mathématiques et physiques.)

L'Académie est informée de la réunion à Édimbourg (Écosse), du 20 au 28 juin 1956, de la Cinquième Assemblée générale de l'**Union internationale pour la protection de la nature.**

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Le Champ-de-Mars avant la Révolution. Annales de 1750 *à* 1790 *ornées de* 14 *gravures*, par Jules Riollot et Robert Laulan. (Fascicule relatant les expériences aérostatiques faites en 1783 et 1784, par *Charles* et *Blanchard*.)

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Fonctions plurisousharmoniques dans des espaces analytiques. Généralisation d'un théorème d'Oka.* Note (*) de MM. **Hans Grauert** et **Reinhold Remmert**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

La présente Note donne une extension de deux théorèmes classiques de prolongement de Riemann concernant les fonctions holomorphes à des fonctions plurisousharmoniques.

Les résultats servent à généraliser le théorème d'Oka, qui donne la solution du problème de Levi.

1. La notion de la fonction plurisousharmonique est introduite dans des espaces analytiques X arbitraires (1).

(*) Séance du 7 novembre 1955.

(1) Pour la définition de l'espace analytique *voir* par exemple : H. Behnke et K. Stein, *Math. Ann.*, 124, 1951-1952, p. 1-16; H. Cartan, *Séminaire* 1951-1952 et 1953-1954, H. Grauert et R. Remmert, *Math. Ann.*, 129, 1955, p. 274-296.

DÉFINITION 1. — *Une fonction $p(x)$ dans un espace analytique X est dite plurisousharmonique dans X, si les conditions suivantes sont remplies :*

a. Les valeurs de $p(x)$ sont des nombres réels et $-\infty$.

b. $p(x)$ est semi-continu supérieurement dans chaque point $x_0 \in X$:

$$\overline{\lim_{x \to x_0}} p(x) \leq p(x_0).$$

c. Si λ est une application holomorphe du cercle d'unité K dans X, alors pλ est une fonction sousharmonique dans K.

La condition *c.* dit exactement, que pour chaque surface riemannienne R située dans un ouvert de X la restriction de $p(x)$ à R est sousharmonique.

La notion d'ensemble analytique est généralisée à la notion d'ensemble analytiquement maigre.

DÉFINITION 2. — *Un ensemble fermé D d'un espace analytique X de dimension n est dit analytiquement maigre d'ordre k $(1 \leq k \leq n)$, s'il existe pour chaque point $x \in D$ un voisinage U et un ensemble analytique M dans U au plus de dimension $n-k$, tel que : $D \cap U \subset M$.*

Pour des fonctions plurisousharmoniques on a les deux théorèmes suivants de prolongement.

THÉORÈME 1. — *Soit D un ensemble analytiquement maigre d'ordre 1 dans un espace analytique X. Alors toute fonction $p(x)$ plurisousharmonique dans $X - D$, qui est bornée supérieurement dans un voisinage de chaque point $x \in D$, est prolongeable à une fonction $\breve{p}(x)$ plurisousharmonique dans X d'une manière unique.*

Tout d'abord ce théorème est démontré pour des variétés analytiques complexes en appliquant le lemme, que, sur une surface riemannienne, une fonction sousharmonique bornée supérieurement ne peut pas avoir des singularités isolées. Alors le cas général est traité en utilisant la théorie des modifications.

A l'aide du théorème 1 on démontre :

THÉORÈME 2. — *Soit D un ensemble analytiquement maigre d'ordre 2 dans un espace analytique X. Alors toute fonction $p(x)$ plurisousharmonique dans $X - D$ est prolongeable à une fonction $\breve{p}(x)$ plurisousharmonique dans X dans une manière unique.*

P. Lelong a annoncé une généralisation du théorème 1 pour le cas $X = C^n$ (2).

2. D'après Oka un domaine G étalé dans C^n non ramifié s'appelle *pseudoconvexe*, si $-\log \delta(z)$, $z = (z_1, \ldots, z_n)$, est une fonction plurisousharmonique dans G.

A cela $\delta(z)$ désigne la distance euclidienne du point $z \in G$ à la frontière ∂G de G.

(2) A paraître dans *Math. Ann.*, 1956.

G s'appelle *pseudo-convexe dans un point frontière* (³) $r \in \partial G$, s'il existe un voisinage $U(r)$ dans $G + \partial G$, tel que la fonction $-\log \delta(z)$, formée relative à $U(r) \cap G$, est plurisousharmonique dans $U(r) \cap G$.

Généralisons la définition 2 en posant

DÉFINITION 3. — *Un ensemble fermé* A *de la frontière* ∂G *d'un domaine* G *étalé dans* C^n *est dit analytiquement maigre, s'il existe pour chaque point* $a \in A$ *un voisinage* $U(a)$ *dans* $G + \partial G$ *et une fonction* $f_a \not\equiv 0$ *holomorphe dans* $U(a) \cap G$, *tel que l'on a* : $\lim\limits_{z \in U \cap G, z \to a} f_a(z) = 0$.

Nous considérons des ensembles A de la frontière ∂G analytiquement maigres, pour lesquels la condition suivante est remplie :

Pour aucun point $a \in A$ *il n'existe un voisinage* $U(a)$ *dans* $G + \partial G$, *tel que* $U(a)$ *est un domaine étalé dans* C^n.

Par exemple, chaque ensemble fini $A \subset \partial G$ qui n'a pas de points frontières isolés est un ensemble analytiquement maigre de ce genre.

Dans la suite A désigne toujours un ensemble de la frontière ∂G jouissant de la propriété ci-dessus.

L'application du théorème 2 donne comme généralisation d'un théorème d'Oka :

THÉORÈME 3. — *Si le domaine* G *étalé dans* C^n *est pseudo-convexe dans chaque point de la frontière* ∂G *n'appartenant pas à l'ensemble* A, *alors* G *est pseudo-convexe absolument.*

D'après Oka (⁴) on sait, que chaque domaine pseudo-convexe G étalé dans C^n est un domaine d'holomorphie. Donc :

THÉORÈME 4. — *Si le domaine* G *étalé dans* C^n *non ramifié est pseudo-convexe dans chaque point de la frontière* ∂G *n'appartenant pas à l'ensemble* A, *alors* G *est un domaine d'holomorphie.*

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur la décomposition de F. Riesz.* II.

Note (*) de M. **SHIN-ICHI MATSUSHITA**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

Extension en forme globale de la décomposition de M. F. Riesz, exposée dans une Note précédente (¹). M. S. Hitotumatu a donné récemment une condition suffisante pour que $f \in (-\Gamma(D))$ admette la décomposition globale (²); nous donnerons ici une condition nécessaire et suffisante, qui me paraît très naturelle.

(³) Des points frontières de G sont des ultrafiltres dans G sans point d'adhérence; pour la définition exacte *voir* : H. GRAUERT, *Charakterisierung der Holomorphiegebiete durch die Kählersche Metrik*; à paraître dans *Math. Ann.*, 1956.

(⁴) K. OKA, *Jap. Journ. Math.*, 23, 1953, p. 97-155.

(*) Séance du 7 novembre 1955.

(¹) *Comptes rendus*, 241, 1955, p. 1252. Nous renvoyons à cette Note dont nous conservons la terminologie et les notations.

(²) *Commentarii Math. Univ. Sancti Pauli*, 3, 1955, p. 69-94.

2. Dans ce qui suit, supposons que D ne soit pas nécessairement *relativement compact*, mais remplisse la condition suivante :

Pour tout nombre $\varepsilon > 0$ *et toute mesure positive* μ *à support compact dans* D, *on peut prendre un sous-domaine relativement compact* D_ε *en dehors duquel le potentiel de* μ *est* $< \varepsilon$.

Par exemple, 1° pour le potentiel newtonien U^μ, $D = E$, 2° pour le potentiel V^μ du noyau d'une fonction de Green $G(x, y)$, $D =$ domaine dont $G(x, y)$ est régulière.

Considérons une suite croissante des domaines D_i *relativement compacte* tels qu'on ait $\bigcup_{i=1}^{\infty} D_i = D$ (on notera $D_i \nearrow D$).

PROPOSITION 4. — *Pour toute* $f \in \Gamma(D)$, *les mesures* $\Phi_i(f) = \Phi_{D_i}(f)$ *convergent vaguement vers une mesure, notée* $\Phi_D(f)$, *sur* D [3].

Pour cela, il suffit de montrer que si $D_i \subset D_j$ la restriction $\Phi_j^i(f)$ de $\Phi_j(f)$ à D_i s'identifie avec $\Phi_i(f)$; en effet, dans D_i on a à la fois que $f = V^{\Phi_i(f)} + h_{D}^{\sim}$ et $f = V^{\Phi_j(f)} + h_{D_j}^{\sim} = V^{\Phi_j^i(f)} + (V^{\Phi_j(f) - \Phi_j^i(f)} + h_{D_j}^{\sim})$, selon l'expression (3). Comme $V^{\Phi_j(f) - \Phi_j^i(f)} \in H(D_i)$, l'unicité de la décomposition (3) entraîne que $\Phi_j^i(f) = \Phi_i(f)$.

COROLLAIRE. — *Du même raisonnement, la restriction de* $\Phi_D(f)$ *elle-même à* D_i *coïncide avec* $\Phi_i(f)$.

On peut alors reformer l'expression (2) ou (3) en disant :

THÉORÈME 2. — *Soit* D *un domaine qui remplit l'hypothèse ci-dessus ou bien son sous-domaine quelconque; à toute* $f \in \Gamma(D)$, *il correspond une seule mesure* $\Phi_D(f) \in \mathfrak{M}^+(D)$ *telle que, pour tout* D_* *relativement compact* $\subset D$ *et la restriction* $\Phi_D(f, D_*)$ *de* $\Phi_D(f)$ *à* D_*, *on ait* $f = V^{\Phi_D(f, D_*)} + h_{D_*}^{\sim}$, *où* $h_{D_*}^{\sim} \in H(D)_*$.

Décomposition globale. — On déduit de ce qui précède une condition nécessaire et suffisante pour qu'une $f \in \Gamma(D)$ admette la décomposition dans D lui-même; en général, il se pourrait que $V^{\Phi_D(f)} \equiv +\infty$. Désignons par $\mathfrak{M}_0^+(D)$ le sous-ensemble de $\mathfrak{M}^+(D)$ formé de telles u que V^u (ou U^u, pour $D = E$) soit $\not\equiv +\infty$.

Montrons d'abord, si l'on a $D_i \nearrow D$, chaque $h_{\tilde{j}} \equiv h_{D_j}^{\sim}$ est $\in \Gamma(D)$; pour un D_i tel que $\overline{D}_j \subset D_i$ [4], $\Phi_i(h_{\tilde{j}}) = \Phi_i(f) - \Phi_i(V^{\Phi_j(f)}) = \Phi_i(f) - \Phi_j(f) \geqq 0$, d'où $h_{\tilde{j}} \in \Gamma(D_i)$; d'autre part, $h_{\tilde{j}}$ est $\in \Gamma(D - \overline{D}_j)$ car $V^{\Phi_j(f)}$ est harmonique en dehors de D_j; ce qui prouve $h_{\tilde{j}} \in \Gamma(D)$.

Soit $f \in \Gamma(D) \geqq 0$; pour un entier k assez grand, $h_{\tilde{j}} = f - V^{\Phi_j(f)} \geqq -V^{\Phi_j(f)} \geqq -1$ dans $D - \overline{D}_k$ (*cf.* l'hypothèse pour D) et, en vertu du principe de minimum pour une fonction surharmonique, $h_{\tilde{j}} \geqq -1$ partout sur D. Ceci étant, $V^{\Phi_D(f)} \leqq \varliminf_{j \to \infty} V^{\Phi_j(f)} \leqq f - \varliminf_{j \to \infty} h_{\tilde{j}} \leqq f + 1$, d'où $\Phi_D(f) \in \mathfrak{M}_0^+(D)$. De façon générale, on a :

---

[3] Si D est *relativement compact*, Φ_D revient au même que celle définie ci-devant.

[4] Il est toujours possible de supposer que $\overline{D}_i \subset D_{i+1}$ dans $\{D_i\}$, tout D_i étant relact compativement.

THÉORÈME 3. — *Pour que* $f \in \Gamma(D)$ (*ou* $\in \Gamma(E)$) *admette la décomposition* (3) (*resp.* (2)), *il faut et il suffit que* $f \succeq$ *une fonction convenable* $h_0 \in H(D)$ (*resp.* $\in H(E)$).

En effet, tenu compte de Prop. 4, on voit que $f - h_0 \succeq 0$ entraîne

$$\Phi_D(f) = \Phi_D(f - h_0) \in \mathfrak{M}_0^+(D);$$

d'ailleurs, pour toute boule ouvert B telle que $\overline{B} \subset D$, on a $\Phi_B(f - V^{\Phi_D(f)}) = 0$. Réciproquement, si (3) est valide, on a évidemment $f = V^{\Phi_D(f)} + h_{\mathfrak{D}} \succeq h_{\mathfrak{D}}$.

Remarque 1. — Dans toute l'étude ci-dessus, nous ne supposons pas que $h_{\mathfrak{D}}$ [dans l'expression (2) ou (3)] soit régulière au point infini; si l'on demande cette régularité de $h_{\mathfrak{D}}$, on aurait à mettre quelque assujettissement à l'allure de f au voisinage de l'infini.

Remarque 2. — Dans la théorie des formes différentielles sur une variété V riemannienne ou euclidienne, l'opérateur de Laplace-Beltrami $\Delta(= d\delta + \delta d)$ joue le même rôle que notre Φ_V pour une forme α de degré zéro, c'est-à-dire fonction ordinaire; le potentiel de $\Delta\alpha$ relatif à la paramétrie $\omega(x, y)$ de MM. Knaster-Hodge s'exprime

$$(\omega, \Delta\alpha) = \int \omega(x, y)\, d\Phi_V(\alpha) \qquad \text{où} \quad d\Phi_V(\alpha) = (-\Delta\alpha)\, e_{1\ldots n}\, dx_1 \ldots dx_n \quad (^5).$$

D'autre part, le laplacien de M. L. Schwartz [6] a aussi le même sens que $-\Phi_E$; toute distribution surharmonique se réduit à une fonction presque surharmonique de M. M. Brelot [7] et, comme $-\Delta H$ est positive, elle n'est pas autre chose qu'une mesure positive.

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Sur une valeur typique d'une distribution de directions.* Note (*) de M. **Jacques Simaika**, présentée par M. Paul Montel.

Direction moyenne et direction typique. — Le problème de trouver une valeur moyenne d'une distribution de directions se complique du fait que la valeur de la variable ne change pas d'une quantité constante quand l'origine est changée. En effet, soit Θ une variable aléatoire définie sur la circonférence du cercle unitaire $(0 \leq \theta < 2\pi)$ et soit $F(\theta)$ sa loi de distribution. Si θ_0 et θ_α dénotent les valeurs de la variable quand l'origine est aux points 0 et α respectivement, l'on voit que

$$(1) \qquad \mathfrak{M}\,\Theta_\alpha = \mathfrak{M}\,\Theta_0 - \alpha + 2\pi \int_0^\alpha dF(\theta).$$

---

[5] $e_{1\ldots n}$ étant la composante du tenseur de Levi Civita.

[6] C'est lui-même qui a donné une démonstration de la décomposition de F. Riesz sous la forme la plus élégante, sous l'angle des « distributions ». Leur démonstration s'appuie essentiellement sur l'emploi de la notion de solution élémentaire d'équation différentielle.

[7] *Ann. Univ. Grenoble*, 21, 1945, p. 57-90.

(*) Séance du 7 novembre 1955.

Ainsi, si la loi de distribution est continue, la direction moyenne peut prendre toutes les positions sur la circonférence et, si la loi de distribution est discrète, la direction moyenne peut prendre autant de positions différentes qu'il y a de sauts dans cette loi.

Pour éviter cette difficulté, nous suggérons, pour valeur typique de la distribution, la direction $\tau\Theta$ telle que

$$\frac{\sin\tau\Theta}{\mathfrak{M}\sin\Theta}=\frac{\cos\tau\Theta}{\mathfrak{M}\cos\Theta}=\frac{1}{+\sqrt{\mathfrak{M}^2\sin\Theta+\mathfrak{M}^2\cos\Theta}}, \tag{2}$$

sauf dans le cas exceptionnel où $\mathfrak{M}\sin\Theta=\mathfrak{M}\cos\Theta=0$, condition nécessaire et suffisante pour que la direction typique $\tau\Theta$ soit indéterminée.

La direction typique $\tau\Theta$ a les propriétés suivantes :

1° $\tau(\Theta-\alpha)=\tau\Theta-\alpha$ pour α constant, sa position est invariante sur la circonférence.

2° $\tau(\Theta_1+\Theta_2)=\tau\Theta_1+\tau\Theta_2$ quand Θ_1 et Θ_2 sont indépendants.

3° Dans le cas où la corde est prise comme distance entre deux points de la circonférence, le minimum de $\mathfrak{M}\,|e^{i\Theta}-e^{i\theta}|^2$ est obtenu pour $\theta=\tau\Theta$. Cette valeur typique satisfait alors à la condition imposée par M. Fréchet [1] aux valeurs moyennes.

Direction typique d'une courbe. — Considérons un arc rectifiable dont les extrémités sont aux points z_0 et Z, il est raisonnable de supposer que la probabilité de la direction de l'élément ds est proportionnelle à cet élément [2] et la direction typique $\tau\Theta$ est donnée par

$$\frac{\sin\tau\Theta}{\int\sin\theta\,ds}=\frac{\cos\tau\Theta}{\int\cos\theta\,ds}\qquad\text{ou}\qquad\frac{\sin\tau\Theta}{Y-y_0}=\frac{\cos\tau\Theta}{X-x_0}. \tag{3}$$

La direction typique est alors la direction de la droite joignant les extrémités de l'arc. Dans le cas d'une courbe fermée, la direction typique est indéterminée.

Direction typique dans un espace à trois dimensions. — Des résultats similaires peuvent être obtenus pour une direction dans un espace à trois dimensions. En effet, soit $D\equiv(L, M, N)$ une direction aléatoire définie sur la sphère unitaire avec la loi de distribution $F(d)$. La direction typique $\tau D\equiv(\lambda, \mu, \nu)$ est donnée par

$$\frac{\lambda}{\mathfrak{M}L}=\frac{\mu}{\mathfrak{M}M}=\frac{\nu}{\mathfrak{M}N}=\frac{1}{+\sqrt{\mathfrak{M}^2L+\mathfrak{M}^2M+\mathfrak{M}^2N}}. \tag{4}$$

Cette valeur typique a les mêmes propriétés d'additivité et d'unicité que précédemment

(1) M. Fréchet, *Ann. Inst. H. Poincaré*, 10, fasc. IV, 1948, p. 215-310.

(2) On peut naturellement faire d'autres suppositions et obtenir des résultats différents.

Généralisation de la formule (2). — Considérons la variable y telle que

$$(5) \qquad y = t - mp \quad \text{pour} \quad mp \leqq t < (m+1)p \quad (m \text{ entier})$$

et soit Y une variable aléatoire définie sur l'intervalle de $y (0 \leqq y < p)$ avec la loi de distribution $F(y)$. Ici, de nouveau, la valeur moyenne change de position avec l'origine choisie et nous suggérons pour valeur typique de cette variable la quantité τY donnée par

$$(6) \qquad \frac{\sin \frac{2\pi}{p} \tau Y}{\mathfrak{M} \sin \frac{2\pi}{p} Y} = \frac{\cos \frac{2\pi}{p} \tau Y}{\mathfrak{M} \cos \frac{2\pi}{p} Y} = \frac{1}{+\sqrt{\mathfrak{M}^2 \sin \frac{2\pi}{p} Y + \mathfrak{M}^2 \cos \frac{2\pi}{p} Y}},$$

τY a les mêmes propriétés d'additivité et d'unicité que précédemment.

Application. — Dans certains problèmes de géologie morphologique, une carte contenant un ensemble de directions est donnée et il s'agit de déterminer une direction moyenne de cet ensemble. Deux cas se présentent :

1. Les directions ont un sens bien défini, c'est le cas d'un ensemble de rivières où le sens est de la source à l'embouchure.

2. Les directions n'ont pas un sens défini, c'est le cas d'un ensemble de fissures.

Dans le premier cas, les directions peuvent prendre les valeurs de l'intervalle $(0 \leqq \theta < 2\pi)$ et la formule (2) donne la direction typique de l'ensemble. Dans le second, les directions ne peuvent prendre que les valeurs de l'intervalle $(0 \leqq \theta < \pi)$ et c'est la formule (6) où $p = \pi$ qui donne la direction typique.

STATISTIQUE MATHÉMATIQUE. — *Sur la relation de récurrence de Pólya liée au test de Wald.* Note (*) de M. **Jean Méric**, présentée par M. Joseph Pérès.

Pólya établit sur un exemple numérique, une relation de récurrence relative à la fonction $K(x, y)$. Il est donné dans cette Note une expression générale de cette relation faisant intervenir au premier membre un déterminant d'ordre a [1].

Étudiant un article de Pólya sur la réalisation graphique du test binomial de Wald, nous avons, dans une récente Note [1] énoncé deux propriétés respectivement caractéristiques des bords B_x et B_y. De la première se déduisait une expression de $K(x, y)$ en tout point de la bande T, en fonction de ses

(*) Séance du 24 octobre 1955.

[1] Pour toutes les définitions, notations et références, voir *Comptes rendus*, 241, 1955, p. 1255.

valeurs sur la limite passive P_y

$$(1)\qquad K(x, y) = \sum_{i=0}^{a-1} \alpha_i K_i; \qquad \alpha_i = \sum_{\frac{(x+y)-(i+y_i)}{a+b} \leq \lambda \leq \frac{x-i}{a}} (-1)^{(x-i)-\lambda a} C_{(y_i-y)+\lambda a}^{(x-i)-\lambda b} E^{\lambda}.$$

Compte tenu de ce résultat, *on traduit la propriété caractéristique de* B_x *en égalant à zéro l'expression* (1) *de* $K(x, y)$ *en a points consécutifs de* A_x *considérés comme appartenant à la bande* T. *On obtient ainsi un système de a équations linéaires à a inconnues* $K_0, \ldots, K_i, \ldots, K_{a-1}$ *dont les coefficients sont les polynomes en* E. *On en déduit la relation de récurrence :*

$$(2)\qquad \Delta K(x, y) = 0$$

qu'on peut écrire conventionnellement

$$(3)\qquad \Delta = 0,$$

l'opérateur Δ *étant le déterminant des coefficients, dont nous préciserons, la forme*

Soient en effet : B_j l'extrémité d'un palier de B_x; C_j l'origine du palier suivant; A_j le point de la limite passive A_x précédant immédiatement C_j. Il résulte de la propriété caractéristique de B_x que la fonction $K(x, y)$ a la même valeur aux points B_j et C_j : $K(C_j) - K(B_j) = 0$.

Écrire cette équation revient à égaler à zéro l'expression (1) de $K(x, y)$ au point A_j considéré comme appartenant à la bande T. En effet, dans ce cas, $K(C_j) = K(A_j) + K(B_j)$. Le même raisonnement appliqué aux $(a-1)$ points suivants de la limite A_x conduit à $(a-1)$ équations analogues. Nous obtenons ainsi un système de a équations linéaires homogènes à a inconnues, dont les coefficients sont des polynômes en E. D'où il résulte que l'on doit avoir : $\Delta K_i = 0$, l'opérateur Δ étant le déterminant des coefficients. L'expression (1) de $K(x, y)$ étant une fonction linéaire des K_i, l'équation $\Delta K(x, y) = 0$ est vérifiée en tout point (x, y) de la bande T. C'est donc la relation de récurrence annoncée.

Forme du déterminant. — Les extrémités des paliers de B_y sont les points dont les coordonnées entières positives vérifient l'une des a équations

$$(4)\qquad ay - bx = k_1 - i \qquad (i = 1, 2, \ldots, a).$$

Soit r_0, j_0 $(r_0, j_0 > 0)$ une solution entière de l'équation $ar - bj = 1$. La solution générale de l'équation (4) peut se mettre sous la forme

$$(5)\qquad x_i = (k_1 - i) j_0 + \lambda_i a; \qquad y_i = (k_1 - i) r_0 + \lambda_i b,$$

λ_i étant un entier quelconque. Les extrémités des a premiers paliers de B_y correspondent à : [2]

$$\lambda_i = \left[\frac{k_1 - i}{a} j_0\right].$$

---

[2] Le symbole $[z]$ représentant le plus grand entier inférieur ou égal à z.

De ces a points, M_i représentera dans ce qui suit, non plus le point d'abscisse i, mais celui dont les coordonnées ξ_i, η_i vérifient les relations : $a\eta_i - b\xi_i = k_1 - i$; $0 \leqq \xi_i < a$; K_i désignera la valeur de $K(x, y)$ au point M_i : $K_i = K(\xi_i, \eta_i)$. Les coordonnées des points de la limite A_x, vérifiant l'équation :

$$ay - bx = -(k_2 + j) \qquad (j = 0, 1, 2 \ldots a-1) \tag{6}$$

sont de la forme

$$X_j = -(k_2 + j) j_0 + \lambda_j a; \qquad Y_j = -(k_2 + j) r_0 + \lambda_j b, \tag{7}$$

j étant un entier quelconque. Soit A_j un point de A_x dont les coordonnées verifient l'équation (6). Compte tenu du changement de notations indiqué, et si l'on pose $\lambda_j - \lambda_i - \lambda = \mu$ le coefficient α_i de K_i dans l'expression (1) de $K(x, y)$ prend la forme

$$a_{ji} = E^{\lambda_j + \left[\frac{k_1 - i}{a} j_0\right] + \left[\frac{k+j-i}{a+a}(r_0 + j_0)\right]} \sum_{\frac{k+j-i}{a} j_0 \leqq \mu \leqq \frac{k+j-i}{a+b}(r_0+j_0)} (-1)^{\mu a - (k+j-i) j_0} C_{(k+j-i) r_0 - \mu b}^{\mu a - (k+j-i) j_0} E^{\mu_{\max} - \mu} \tag{8}$$

avec

$$\mu_{\max} = \left[\frac{k+j-i}{a+b}(r_0 + j_0)\right].$$

Le système $K(X_j, Y_j) = 0$ $(j = 0, 1, 2, \ldots, a-1)$ s'écrit donc

$$\sum_{i=1}^{a} \varepsilon_{ji} . K_i = 0 (j = 1, 2, \ldots, a), \qquad \text{avec} \quad \varepsilon_{ji} = a_{j-1,i} \tag{9}$$

et son déterminant $\Delta = |\varepsilon_{ji}|$. Dans ce déterminant, les éléments de la $j^{\text{ième}}$ ligne ont en commun le facteur $E^{\lambda_{j-1}}$, ceux de la $i^{\text{ième}}$ colonne le facteur $E^{\left[\frac{k_1 - i}{a} j_0\right]}$

Divisons donc les premiers par $E^{\lambda_{j-1}}$ les seconds par $E^{[(k_1 - i/a) j_0]}$ puis pour faire disparaître les puissances négatives de E, multiplions ces derniers par

$$E^{\left[\frac{k+j-2}{a+b}(r_0 + j_0)\right]}.$$

Nous obtenons un nouveau déterminant $D = |d_{ij}|$ égal au déterminant Δ à une puissance de E près. L'opérateur E étant différent du facteur zéro, les équations $D = 0$ et $\Delta = 0$ sont équivalentes.

Posons successivement, pour simplifier l'écriture

$$\sigma_z = \left[\frac{z-1}{a+b}(r_0 + j_0)\right], \tag{10}$$

$$\theta_z(E) = \sum_{\frac{z-1}{a} j_0 \leqq \mu \leqq \frac{z-1}{a+b}(r_0 + j_0)} (-1)^{\mu a - (z-1) j_0} C_{(z-1) r_0 - \mu b}^{\mu a - (z-1) j_0} E^{\mu_{\max} - \mu}. \tag{11}$$

La relation de récurrence cherchée s'écrit alors

$$|d_{ij}| = |E^{\sigma_{k+i-1} - \sigma_{k+i-j}} \theta_{k+i-j}| = 0 \qquad (i, j = 1, 2, \ldots, a). \tag{12}$$

Soit

$$\begin{vmatrix} \theta_k & E^{\sigma_k - \sigma_{k-1}}\theta_{k-1} & \dots & E^{\sigma_k - \sigma_{k-a+1}}\theta_{k-a+1} \\ \theta_{k+1} & E^{\sigma_{k+1} - \sigma_k}\theta_k & \dots & E^{\sigma_{k+1} - \sigma_{k-a+2}}\theta_{k-a+2} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \theta_{k+a-1} & E^{\sigma_{k+a-1} - \sigma_{k+a-2}}\theta_{k+a-2} & \dots & E^{\sigma_{k+a-1} - \sigma_k}\theta_k \end{vmatrix} = 0.$$

Nous montrerons dans une prochaine publication, comment on peut utiliser ces résultats, pour calculer la fonction d'efficacité.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Contrainte turbulente pariétale et décollement.* Note de M. **Adalbert Oudart**, présentée par M. Maurice Roy.

Les formules utilisées pour la contrainte turbulente pariétale sont discutées et une adaptation au décollement turbulent est proposée.

Formules discutées. — Les formules faisant l'objet de la discussion sont : la formule de Blasius adaptée au fluide compressible grâce aux résultats de Chapman et Kester [1]

$$(1)\qquad \frac{\mathcal{T}_p}{\rho_e u_e^2} = 0{,}01255.\mathrm{K}(\mathrm{M}_e).\mathcal{R}_{\delta_2}^{-\frac{1}{4}},\ \text{avec}\ \mathcal{R}_{\delta_2} = \frac{u_e \delta_2 \rho_e}{\mu_p}$$

et la formule de Ludwieg et Tillmann [2] adaptée au fluide compressible par Walz [3] :

$$(2)\qquad \frac{\mathcal{T}_p}{\rho_e u_e^2} = 0{,}123.10^{-0{,}678(\delta_1/\delta_2)_g}.\mathcal{R}_{\delta_2}^{-0{,}268}.\frac{\delta_2}{\delta_{2,g}}(\mathrm{H}, \mathrm{M}_e)$$

K, fonction empirique de M_e;
M_e, nombre de Mach;
H, paramètre de forme, soit $(\delta_1/\delta_2)_g$ soit $(\delta_3/\delta_2)_g$;
δ_1, δ_2, δ_3, épaisseurs de déplacement, de perte de quantité de mouvement et de perte d'énergie cinétique;
g, indice correspondant au calcul de δ_1, δ_2, δ_3 sans tenir compte des variations de la masse spécifique ρ.

Critère de décollement turbulent. — Dans l'état actuel de nos connaissances, on peut admettre que le décollement turbulent se produit pour une certaine valeur du paramètre de forme.

Selon des travaux récents [4], cette valeur est : $(\delta_1/\delta_2)_g = 2{,}7$ à laquelle correspond la valeur $(\delta_3/\delta_2)_g = 1{,}52$.

(1) A. Oudart, *Comptes rendus*, 237, 1953, p. 1060.
(2) *Ingénieur-Arch.*, 17, 1949, p. 288.
(3) *P. S. T. Air.*, en cours d'impression.
(4) G. B. Schubauer et P. S. Klebanoff, *N. A. C. A.*, T. N., 2133, 1951.

L'usage de $(\delta_1/\delta_2)_g = \infty$ pour caractériser le décollement turbulent et qui résulte de la présence de l'exponentielle dans la formule (2) n'est qu'un pis-aller.

De même, comme le remarque A. Walz dans un document non diffusé, la formule (2) et à fortiori la formule (1) ne conviennent pas au décollement turbulent; elles nécessitent une adaptation afin que la contrainte soit nulle pour la valeur du paramètre de forme correspondant au décollement.

Il serait d'ailleurs normal de ne pas utiliser la formule de Ludwieg et Tillmann très au-delà de $(\delta_1/\delta_2)_g = 1,8$, cette formule n'ayant pas été établie pour de telles valeurs.

Proposition. — Pour réaliser l'adaptation souhaitée, il paraît avantageux de remplacer le facteur exponentiel de cette formule et de la formule (2) par une fonction F de $(\delta_1/\delta_2)_g$:

1° identique à l'exponentielle jusqu'au point de contact de la tangente menée à cette courbe par le point représentatif du décollement $F = 0$, $(\delta_1/\delta_2)_g = 2,7$;

2° suivant cette tangente jusqu'en aval du décollement.

La formule (1) n'est pas susceptible de cette adaptation.

MÉCANIQUE STATISTIQUE DES FLUIDES. — *Grandeurs mécaniques et propriétés thermodynamiques locales en Thermodynamique statistique.* Note (*) de M. **Daniel Massignon**, présentée par M. Louis de Broglie.

1. Nous avons précisé dans des Notes antérieures [1], les grandeurs mécaniques locales dont les valeurs moyennes vérifient les équations de l'Hydrodynamique des milieux continus. Nous allons voir ici [2] que la Thermodynamique statistique peut aussi être mise sous la forme que nous avons donnée à l'Hydrodynamique statistique. Toutes les grandeurs thermodynamiques s'exprimeront en fonction des valeurs moyennes $\overline{A}$, sur les coordonnées de la phase (q, p) et dans l'état canonique d'équilibre $f_N = \exp\{F - H/kT\}$, de grandeurs mécaniques $A(q, p)$ et de grandeurs mécaniques locales $A(V_1)$ que nous allons définir.

2. L'état statistique $f_N(q, p, t)$ d'un système en *changement quasistatique* doit être à chaque instant un état d'équilibre : il a donc la forme d'un état canonique qui dépendrait du temps à travers l'hamiltonien $H(q, p, t)$, l'énergie libre $F(t)$ et la température $T(t)$. Si $a_1, \ldots, a_S$ désignent les paramètres extérieurs dont dépend l'hamiltonien (position des parois ou volume, autres champs extérieurs), l'évolution du système est alors représentée, au cours d'un

(*) Séance du 7 novembre 1955.

(1) *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 1280 et 1331; 241, 1955, p. 1259.

(2) On trouvera des démonstrations et des discussions plus complètes de ces résultats dans D. Massignon, *Les propriétés locales en Mécanique statistique classique et en Mécanique quantique des fluides. Thèse*, Paris, juin 1955.

changement quasistatique infinitésimal, par l'opérateur ([3])

$$(1)\qquad U(t, t_0) = 1 - \frac{\Delta H}{kT^2}\delta T + \sum \frac{1}{kT}\left(\frac{\partial H}{\partial a_s}\right)\delta a_s + O(\delta T^2, \delta a_s^2, \delta a_s, \delta a_{s'}).$$

Dans (1), $\delta T = (dT/dt)\,\delta t$, $\delta a_s = (da_s/dt)\,\delta t$ sont les accroissements des *variables thermodynamiques* T, a_1, ..., a_s pendant la durée infinitésimale $\delta t = t - t_0$, $\Delta H = H - \overline{H}$ et $\Delta(\partial H/\partial a_s)$ sont les fluctuations à l'instant t_0 de l'hamiltonien et de ses dérivées par rapport aux paramètres extérieurs.

Chaque relation entre les accroissements δT, δa_s définit une classe particulière de changements quasi statiques. Pour un système où la température T et le volume V sont seuls variables, les isothermes, isochores et adiabatiques ont, par exemple, pour équations respectives

$$(2)\qquad \delta T = 0, \qquad \delta V = 0, \qquad \delta S = \frac{\overline{\Delta H^2}}{kT^3}\delta T - \frac{1}{kT^2}\overline{(\Delta H)\left(\Delta\frac{\partial H}{\partial V}\right)}\delta V = 0.$$

En mettant les équations thermodynamiques des diverses classes de changements quasi statiques sous une forme analogue à (2), on vérifie que, par exemple, l'énergie interne U, la pression P, le coefficient de dilatation α, les coefficients de compressibilité isotherme χ_T et adiabatique χ_S, les capacités calorifiques c_V et C_P ont l'expression suivante :

$$(3)\qquad \begin{cases} U = \overline{H}, \qquad P = -\overline{\dfrac{\partial H}{\partial V}}, \qquad \left(\dfrac{\partial S}{\partial V}\right)_T = \left(\dfrac{\partial P}{\partial T}\right)_V = \dfrac{\alpha}{\chi_T} = -\dfrac{1}{kT^2}\overline{\Delta H\,\Delta\dfrac{\partial H}{\partial V}}, \\ \left(\dfrac{\partial P}{\partial V}\right)_T = -\dfrac{1}{V\chi_T} = -\left[\overline{\dfrac{\partial^2 H}{\partial V^2}} - \dfrac{1}{kT}\overline{\left(\Delta\dfrac{\partial H}{\partial V}\right)^2}\right], \\ \left(\dfrac{\partial P}{\partial V}\right)_S = -\dfrac{1}{V\chi_S} = \left(\dfrac{\partial P}{\partial V}\right)_T - \dfrac{1}{kT}\dfrac{\overline{\Delta H\,\Delta\left(\dfrac{\partial H}{\partial V}\right)}}{\overline{\Delta H^2}}, \\ c_V = \dfrac{1}{kT^2}\overline{\Delta H^2}, \qquad C_P = c_V + \dfrac{1}{k^2T^3}\dfrac{\overline{\Delta H\,\Delta\left(\dfrac{\partial H}{\partial V}\right)}}{\left[\overline{\dfrac{\partial^2 H}{\partial V^2}} - \dfrac{1}{kT}\overline{\left(\Delta - \dfrac{\partial H}{\partial V}\right)^2}\right]}. \end{cases}$$

D'une façon générale, *les lois thermodynamiques sont des relations des types* (2) *et* (3) *entre les valeurs moyennes, les dispersions, les coefficients de corrélation et les autres moments des lois de probabilité canoniques de l'hamiltonien* H *et de ses dérivées successives par rapport aux paramètres extérieurs.*

([3]) Bien qu'à chaque instant *isolé* t_0 l'état soit alors solution de l'équation de Liouville écrite avec $H(q, p, t_0)$, l'état $f_N(q, p, t)$ qui représente le changement quasistatique pendant un intervalle *de durée finie* n'est pas solution de l'équation de Liouville écrite avec l'hamiltonien fonction du temps $H(q, p.\ t)$. Un changement quasistatique n'est ni une évolution liouvillienne, ni la forme limite d'une telle évolution ([2]).

Ces formules (3) supposent que l'hamiltonien est fonction *explicite* du volume : cette dépendance est réalisée [2] en représentant l'action des parois sur chaque corpuscule par une énergie potentielle $\Phi_k(q_k, t)$. On retrouve ainsi à partir de (3) des expressions que l'on calculait habituellement en partant de la fonction de partition canonique $\exp\{-F/kT\}$. La méthode introduite ici a l'avantage :

a. de donner une raison statistique très simple à certains résultats fondamentaux. On voit, ainsi, immédiatement sur (3) qu'en tout point d'un diagramme (P, V) la *pente* des isothermes est inférieure à celle des adiabatiques, et que les quatre conditions de *stabilité* thermodynamique, $c_V \geqq 0$, $C_P \geqq 0$, $(\partial P/\partial V)_S \leqq 0$ et $(\partial P/\partial V)_T \leqq 0$, sont automatiquement réalisées quand la dernière l'est.

b. de conduire à une étude précise des propriétés thermodynamiques *locales* qui ne serait pas possible avec les méthodes usuelles en Thermodynamique statistique, comme nous allons le montrer.

3. La probabilité pour qu'il y ait N_I corpuscules indiscernables de positions et d'impulsions données dans un volume partiel V_I d'un système en état canonique d'équilibre a, quand les dimensions de V_I sont grandes devant la portée des interactions des corpuscules, pour densité :

$$(4)\qquad f_I(q_1, \ldots, p_{N_I}, t) = e^{\frac{F(N,V)-F(N-N_I, V-V_I)-H_I}{kT}} = e^{\frac{\Omega_I+N_I\mu-H_I}{kT}}.$$

Cette densité définit *l'état local dans* V_I : c'est une fonction de la phase des corpuscules de V_I dont le nombre N_I varie de zéro à N. Dans (4), F(N, V) est l'énergie libre de N corpuscules dans V, H_I l'énergie hamiltonienne des corpuscules présents dans V_I, $\exp\{-\Omega_I/\varkappa T\}$ la fonction de partition grand-canonique et μ le potentiel chimique. Quand $V_I \ll V$ et quand on peut négliger les cas où l'on n'a pas $N_I \ll N$, l'état local prend la seconde expression (4); l'ensemble *grand-canonique* de Gibbs est ainsi une forme approchée de l'état local d'un système en équilibre statistique.

On peut expliciter [2] la dépendance fonctionnelle en N_I de l'état local f_I et des grandeurs locales A_I (dont H_I est un exemple), en analysant la décomposition induite dans l'espace des phases par la décomposition de V en V_I et $V - V_I$. On montre ainsi que :

$$(5)\qquad \overline{\overline{A_I}} = \sum_{N_I=0}^{N} \int dq_1 \ldots dp_{N_I} f_I A_I = \int_\Gamma dq_1 \ldots dp_N e^{\frac{F(N,V)-H}{\varkappa T}} A(V_I) = \overline{A(V_I)}.$$

La valeur moyenne grand-canonique $\overline{\overline{A_I}}$ *est égale, ainsi, à la valeur moyenne canonique* $\overline{A(V_I)}$, prise dans l'espace des phases du système total, d'une autre grandeur facile à construire : la grandeur mécanique $H(V_I)$ ainsi associée à l'énergie H_I s'obtient en intégrant sur R dans V_I la densité fine d'énergie que nous avons introduite en Hydrodynamique statistique [1].

L'évolution de l'état local (4) sera alors décrite par l'opérateur

$$(6) \qquad U_I(t, t_0) = 1 - \frac{\Delta H(V_I)}{\varkappa T^2}\,\delta T + \frac{1}{\varkappa T}\sum\left(\frac{\delta H(V_I)}{\delta a_S}\right)\delta a_S + \frac{\Delta N_I}{\varkappa T}\,\delta\mu,$$

où l'accroissement $\delta\mu$ du potentiel chimique vient s'ajouter ainsi aux accroissements des variables thermodynamiques qui figuraient déjà dans (1). On définira, comme à partir de (1), les changements quasi-statiques et les propriétés thermodynamiques d'un système à nombre variable de corpuscules. Si l'on y remplace H et ses dérivées par rapport à V par $H(V_I)$ et ses dérivées par rapport à V_I, (3) définira les *propriétés thermodynamiques locales dans* V_I. Quand l'état local a sa forme approchée grand-canonique (4), on retrouve des expressions déjà déduites de la fonction de partition grand-canonique. Mais la méthode proposée ici a sur cette méthode l'avantage :

a. d'éviter les sommations sur le nombre variable N_I, grâce à (5);

b. de définir les propriétés locales thermodynamiques d'une façon indépendante de l'importance des fluctuations ΔN_I du nombre des corpuscules de V_I;

c. de les définir sur les équipotentielles d'un champ extérieur.

Nous en verrons l'intérêt dans une prochaine publication, consacrée aux propriétés d'un fluide dans un champ extérieur, la pesanteur par exemple.

MÉCANIQUE-PHYSIQUE. — *Variation avec la température de la viscosité des fils métalliques*. Note (*) de M. **Constantin Sălceanu**, présentée par M. Pierre Chevenard.

L'étude expérimentale concernant l'influence de la température sur la viscosité des fils métalliques, commencée par nous antérieurement [1] et marquée par un accroissement du coefficient de viscosité des fils métalliques avec la température, a fait l'objet de nouvelles recherches avec un dispositif expérimental que nous avons esquissé dans une publication récente à laquelle nous nous référons [2].

Dans le dispositif décrit, le fil métallique restait toujours tendu dans la limite de proportionnalité de la loi de Hooke, même après l'avoir chauffé par un courant électrique.

Nous avons poursuivi l'effet de la température sur la viscosité de sept fils métalliques : acier, Cu, Al, Fe, Or, Ag et Pt, en travaillant invariablement avec un même moment d'inertie, $J = 970\ \mathrm{g.cm^2}$, la fréquence d'oscillation ayant été évaluée en mesurant la période des oscillations pour chaque fil métallique étudié.

(*) Séance du 7 novembre 1955.

(1) C. Sălceanu, *Ann. franç. Chronométrie*, 19e année, 3, 1949, p. 403.

(2) C. Sălceanu, *Comptes rendus*, 241, 1955, p. 734.

Avant de représenter la variation du coefficient de viscosité du fil de fer, qui nous a paru le plus intéressant à présenter dans cette Note, nous devons mettre l'accent sur le fait important, remarqué aussi par Subrahmanian dans ses travaux ([3]). Il s'agit du traitement du fil métallique avant d'être soumis aux mesures définitives.

En effet, en travaillant avec un fil métallique qui n'était pas préparé préalablement (homogénéisé) ([4]) nous avons observé que la courbe de variation descendante avec la température du coefficient de viscosité, ne se superposait à celle de la variation ascendante qu'après avoir soumis le fil métallique convenablement à un échauffement combiné par une traction, pendant des heures.

La température a été calculée à l'aide de la loi de Stefan, en connaissant la puissance consommée par le fil.

Les résultats obtenus sont les suivants : pour les fils d'acier, de cuivre, d'aluminium et d'argent, l'influence de la chauffe (entre 20 et 500° C) se manifeste par un accroissement du coefficient de viscosité, avec la température. Le fil de Pt présente un minimum vers 235° C, le fil d'or un minimum vers 24° C et le fil de fer un minimum vers 287° C. Les résultats pour le fil de fer sont consignés dans le tableau suivant :

Fil de fer : $\varnothing = 0,05$ cm, $\nu = 0,92$ c/s.

Watts.	Température (° C).	$\eta.10^{-8}$ (poise).
0	20	1,94
0,4	27	1,91
1,8	152	0,94
3,0	220	0,78
4,8	287	0,76 minimum
8,05	367	0,81
13,6	468	0,94
23,62	576	3,1
27,36	598	4,7

Le tableau montre que, pour le fil de fer, la variation du coefficient de viscosité η, avec la température présente un minimum vers 287° C. Pour le moment, nous ne pouvons raccorder ce point critique de viscosité pour le fer à une autre propriété physique de ce métal. Nous le signalons seulement comme un point caractéristique où la variation du coefficient de viscosité avec la température change de sens.

Dans tous les cas étudiés on a poursuivi aussi la variation de la fréquence des oscillations pour les diverses températures auxquelles les fils métalliques ont

([3]) SUBRAHMANIAN, *Phyl. Mag.*, 1925, p. 711; 1926, p. 1074; 1927, p. 852.

([4]) C. SĂLCEANU, *Ann franc. Chronométrie*, 19e année, 3, 1949, p. 397.

été soumis. Cette fréquence s'est maintenue constante dans les limites des températures qui ne dépassaient pas 500° C dans le cas du fer, à partir de laquelle la fréquence commence à diminuer légèrement.

ASTRONOMIE. — *Sur les erreurs systématiques des ascensions droites en fonction de la déclinaison* ($\Delta\alpha_\delta$) *des catalogues d'étoiles* FK3 *et* N30

Note de M. **Bernard Guinot**, présentée par M. André Danjon.

Les observations effectuées avec l'astrolabe impersonnel de M. Danjon, depuis novembre 1953, ont permis de déterminer l'erreur $\Delta\alpha_\delta$ des catalogues d'étoiles FK3 et N30, dans la zone de déclinaisons comprises entre 20 et 74°. Les résultats mettent en évidence une distorsion des positions du FK3.

Les observations de hauteurs égales effectuées à l'Observatoire de Paris, avec l'astrolable impersonnel de M. Danjon, en vue de la détermination de l'heure et de la latitude, ont porté sur des groupes d'étoiles de composition invariable. 21 groupes régulièrement répartis en temps sidéral de passage et indépendants les uns des autres ont été observés. La plupart de ces groupes ont été maintenant observés plus de 10 fois; comme l'écart-type de l'observation d'une étoile est de 0",25, environ, les résidus en distance zénithale, qu'on appellera M, sont connus avec une erreur quadratique moyenne inférieure, en général, à 0",08. Or de nombreux résidus M dépassent 0",20, lorsque les réductions sont faites à partir des positions des catalogues FK3 ou N30 qui sont les catalogues les meilleurs dont nous disposions. Ceci, joint à la conclusion d'un travail antérieur ([1]) qui nous avait montré que les observations n'étaient pas entachées d'erreurs systématiques en fonction de la magnitude ou du type spectral des étoiles, montre l'intérêt qu'il y aurait à utiliser les résidus M pour améliorer les catalogues.

L'observation de chaque groupe fournit la correction de pendule, la latitude et la distance zénithale réelle d'observation, mais ces trois inconnues sont entachées d'erreurs dx_i, dy_i et dz_i, particulières à chaque groupe i, dues aux erreurs de catalogue et les résultats donnés par des groupes différents montrent des différences systématiques qui, par exemple, atteignent 0",30 en latitude. Mais la connaissance de ces différences, indispensable pour obtenir des corrections individuelles aux ascensions droites et aux déclinaisons, n'est pas nécessaire pour déterminer l'erreur $\Delta\alpha_\delta$ des catalogues.

Formons les moyennes E des résidus M dans des classes d'azimut. Chaque classe comprend des étoiles d'une certaine classe de déclinaisons dont la moyenne est δ. Comme dans tous les groupes les étoiles ont des répartitions en azimut analogues, les moyennes E comprennent des résidus M de tous les

---

([1]) B. Guinot, *Bull. Ast.*, 18, p. 303.

groupes en nombre à peu près égal, c'est-à-dire des résidus provenant d'étoiles régulièrement espacées en ascensions droites. E ne sera donc pas affecté par les erreurs $\Delta\alpha_\alpha$ et $\Delta\delta_\alpha$, mais par les erreurs $\Delta\alpha_\delta$ et $\Delta\delta_\delta$. Si l'on appelle ξ, η et ζ les moyennes de dx_i, dy_i et dz_i des 21 groupes, nombres qui ne sont pas connus, on trouve, en considérant les classes symétriques, d'azimuts Z et — Z, pour les étoiles de déclinaison δ correspondant à Z

$$\sin Z \cos\varphi\, \Delta\alpha_\delta = \frac{1}{2}(E_{-Z} - E_Z) - \xi \sin Z,$$

$$\cos S\, \Delta\delta_\delta = \frac{1}{2}(E_Z + E_{-Z}) + \eta \cos Z - \zeta.$$

Ces équations montrent que l'erreur $\Delta\alpha_\delta$ est obtenue à une constante près. Au contraire, l'erreur $\Delta\delta_\delta$ n'apparaît pas simplement. Nous nous bornerons à indiquer ici les résultats obtenus pour $\Delta\alpha_\delta$. Les erreurs quadratiques moyennes de $\Delta\alpha_\delta$ sont déduites de la dispersion des moyennes M dans les classes.

La détermination qui suit repose sur les observations de 282 étoiles, appartenant au catalogue FK 3, de magnitudes inférieures ou égales à 5,3. 126 étoiles ont été observées à leurs deux passages Est et Ouest; 408 moyennes M de résidus ont donc été utilisées. Le nombre total des résidus est de 6193. Les observations ont été effectuées par M. Arbey, M[lles] Reige, Débarbat, MM. Kovalevsky et Guinot. Les observations du même groupe par différents observateurs n'ont pas montré d'erreur personnelle.

Le tableau suivant indique les résultats obtenus. Les nombres donnés diffèrent très légèrement de ceux que j'ai cités lors de la IX[e] assemblée de l'Union Astronomique Internationale à Dublin, car les observations de l'été 1955, dont je ne disposais pas alors, ont été incluses dans la présente détermination.

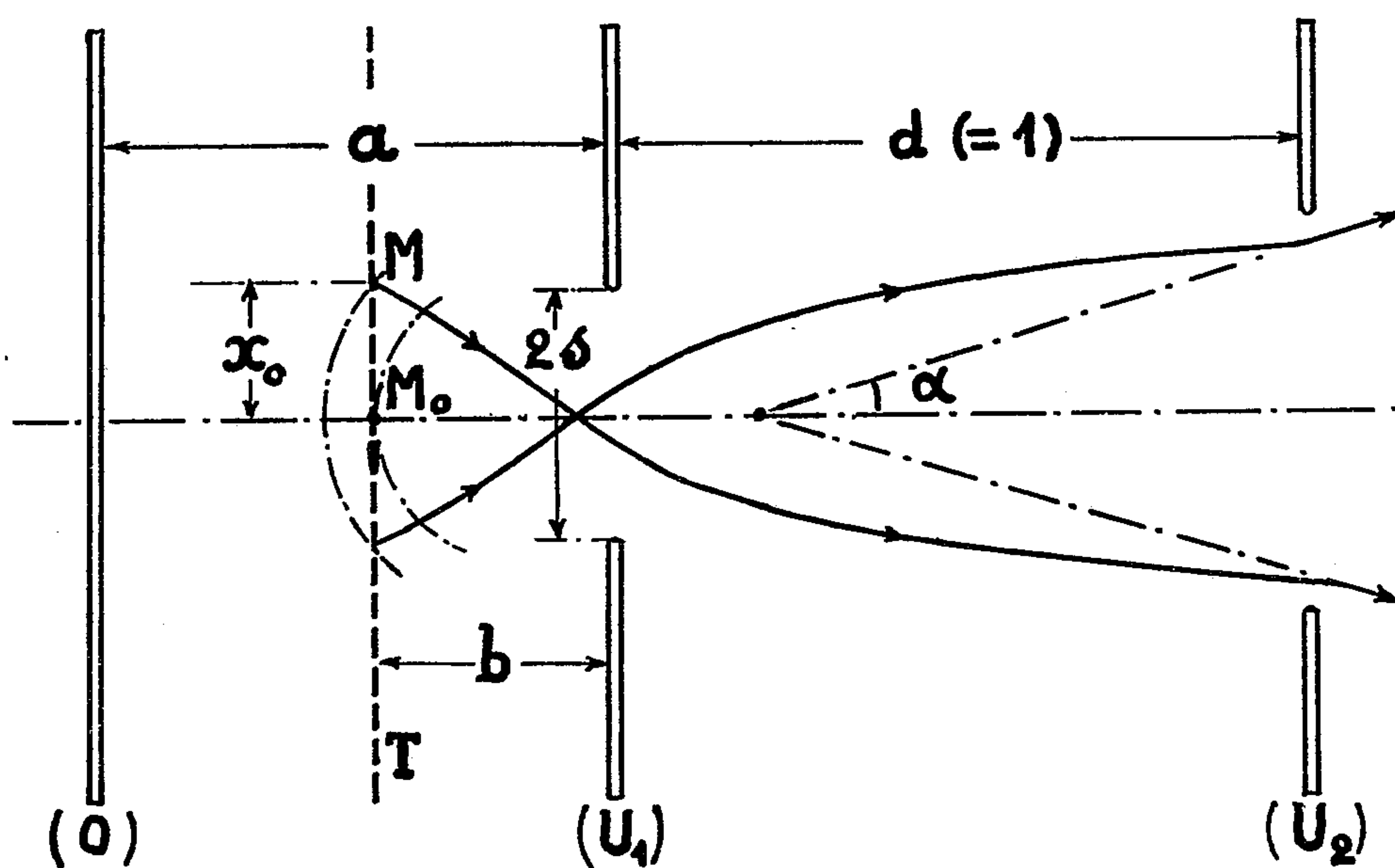
$\Delta\alpha_\delta$, 1954 (Catalogue-Astrolabe).

δ.	FK 3.		N 30.	
73°,2	— 0,032ˢ	± 0,007ˢ	— 0,005ˢ	± 0,007ˢ
68,9	— 21	4	+ 1	4
59,5	— 12	3	+ 1	2
49,9	+ 1	2	— 1	2
40,6	+ 3	2	+ 2	2
32,8	+ 2	2	— 4	2
26,3	+ 2	3	— 2	2
23,0	— 1	3	— 4	3

Les ascensions droites du FK 3 montrent une distorsion très significative, dont celles du N 30 sont exemptes.

OPTIQUE CORPUSCULAIRE. — *Un dispositif à double focalisation applicable aux spectromètres de masse usuels.* Note de M. **René Vauthier**, présentée par M. Gaston Dupouy.

Le petit étalement en énergie que présentent les ions émergeant de la source d'ions d'un spectromètre de masse est généralement attribué à l'énergie initiale des ions. Une autre cause importante de non-homogénéité en énergie est due au fait qu'un ion d'une trajectoire marginale possède (toutes choses égales par



ailleurs) une énergie plus élevée qn'un ion d'une trajectoire centrale : les points M_0 et M du faisceau d'électrons (de trace T), d'où deux ions sont issus, appartiennent en effet, à des surfaces équipotentielles différentes (*voir* la figure), la différence de potentiel étant donnée par la relation

$$V_M - V_{M_0} = -\frac{x_0^2}{2} V'' = \frac{1}{2}\left(\frac{U_2 - U_1}{d} - \frac{U_1}{a}\right)\frac{s^2}{(b^2+s^2)^{\frac{3}{2}}}\,\frac{x_0^2}{2}$$

aux termes en x_0^4 près.

Comme $a \sim d$ et que le rapport U_1/U_2 est toujours très inférieur à l'unité, on peut écrire

$$(1) \qquad V_M - V_{M_1} = \frac{U_2}{4d}\,\frac{s^2}{(b^2+s^2)^{\frac{3}{2}}}\,x_0^2.$$

Les écarts d'énergie entre les ions issus de M et de M_0 peuvent atteindre facilement ainsi 1 eV et même plus, valeurs qui sont nettement supérieures aux énergies initiales d'origine purement thermique. Enfin, puisqu'il existe

une relation de proportionnalité, $x_0 = k\alpha$, entre l'ordonnée initiale d'un ion (x_0) et l'angle d'émergence (α) de la trajectoire correspondante, la variation relative d'énergie des ions peut s'écrire

$$\gamma = \frac{V_M - V_{M_0}}{V} = \frac{s^2}{(b^2+s^2)^{3/2}} \frac{\alpha^2}{4k^2 d}. \tag{2}$$

Une relation entre γ et α^2 est donc ainsi mise en évidence. Par ailleurs, si l'on remarque que pour les champs magnétiques séparateurs utilisés dans les spectromètres de masse, le terme de dispersion [$B\gamma = B(dV/V)$] est toujours de signe contraire à l'aberration d'ouverture ($C\alpha^2$), on entrevoit la possibilité de corriger cette dernière par l'aberration de chromatisme due à l'hétérogénéité du faisceau en énergie (hétérogénéité précisée par la formule (2) : c'est une véritable double focalisation que l'on réaliserait ainsi.

La somme algébrique des termes de dispersion et d'ouverture est donnée par $B\gamma + C\alpha^2$ et vaut

$$\rho\gamma - \rho\alpha^2 \tag{3}$$

pour les dispositifs à champ prismatique symétrique, à incidence et émergence normales ([1]). En substituant (2) dans (3) il vient

$$\rho\alpha^2 \left[\frac{s^2}{(b^2+s^2)^{\frac{3}{2}}} \frac{1}{4kd} - 1 \right],$$

quantité qui doit être nulle quel que soit α.

Si l'on se fixe s et k, b sera donc défini par : $b^2 = (s/2k)^{4/3} - s^2$ (avec $d = 1$), ce qui conduit naturellement à la condition

$$4k^2 s < 1 \tag{4}$$

pour que l'on ait une solution physiquement acceptable.

Application numérique. — Comme nous ne possédions pas d'équation analytique convenable pour les trajectoires dans la source d'ions, nous avons déterminé le coefficient k d'après des trajectoires calculées numériquement (dans le cas $U_1 = 0$), ([2]). En toute rigueur k dépend à la fois de s et de l'inconnue b; cependant k est assez peu sensible à la variable b et garde une valeur voisine de l'unité (en rapportant à d les quantités s et b). La condition (4) est satisfaite si l'on choisit $s < 1/4$, ce qui est toujours réalisé pratiquement.

En prenant $s = 0,10$, $0,05$ et $0,02$ on trouve respectivement $b = 0,090$, $0,068$ et $0,041$, valeurs peu courantes, mais expérimentalement acceptables. Avec $s = 0,10$ l'effet perturbateur des vitesses initiales des ions est très réduit, par contre le faisceau électronique est soumis à un champ de fuite assez intense.

([1]) CARTAN, *J. Phys. Rad.*, 8, 1937, p. 461.

([2]) VAUTHIER, *Thèse*, Paris, 1954, IIe partie, chap. III. (En cours de publication aux *Annales de Physique.*)

Pour $s = 0,02$ ces avantages et inconvénients sont inversés et, d'autre part, la valeur $b = 0,041$ étant petite, le faisceau électronique est très proche de l'électrode portant la fente d'extraction, ce qui suppose un faisceau électronique parfaitement défini.

Conclusion. — Il apparaît possible de supprimer l'aberration d'ouverture des spectromètres de masse grâce à une double focalisation réalisée par une adaptation simple des sources d'ions usuelles. D'après les applications numériques il semble surtout nécessaire que le rapport s/b ne soit pas trop petit et que le faisceau électronique T soit relativement très proche de la première fente.

Bien entendu, on ne perdra pas de vue que ces calculs ont été effectués en supposant nuls le champ magnétique à l'intérieur de la source d'ions, les effets de charge d'espace, l'épaisseur du faisceau électronique plan. Les énergies initiales des ions sont négligées dans la mesure où elles sont petites devant la quantité $e(V_M - V_{M_0})$. Pour cette raison, la théorie présentée ici ne sera sûrement pas valable si les énergies initiales des ions atteignent plusieurs électrons-volt, ce qui se produit lorsque les ions proviennent de dissociations moléculaires consécutives au choc électronique. De même, il sera préférable de réaliser un balayage magnétique plutôt qu'électrostatique du spectre de masses; les conditions de fonctionnement de la source resteront ainsi inchangées.

Enfin, l'effet de double focalisation ne peut subsister que dans la mesure où la formule (4) est valable, c'est-à-dire tant que le terme en x_0^4 reste négligeable devant le terme x_0^2 utilisé ici. Cette condition est généralement réalisée : les trajectoires marginales sortant de la source correspondent en effet à une valeur x_0 nettement inférieure à s.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Sur le rayonnement de freinage et l'autoionisation dans la couche* K *accompagnant la désintégration de* ^{147}Pm. Note (*) de Mme **Hélène Langevin-Joliot**, transmise par M. Frédéric Joliot.

On a étudié à l'aide d'un compteur proportionnel l'intensité relative du phénomène d'autoionisation dans la couche K et du rayonnement de freinage de ^{147}Pm. On en déduit pour la probabilité d'ionisation K la valeur $(1,25 \mp 0,25).10^{-4}$ par désintégration.

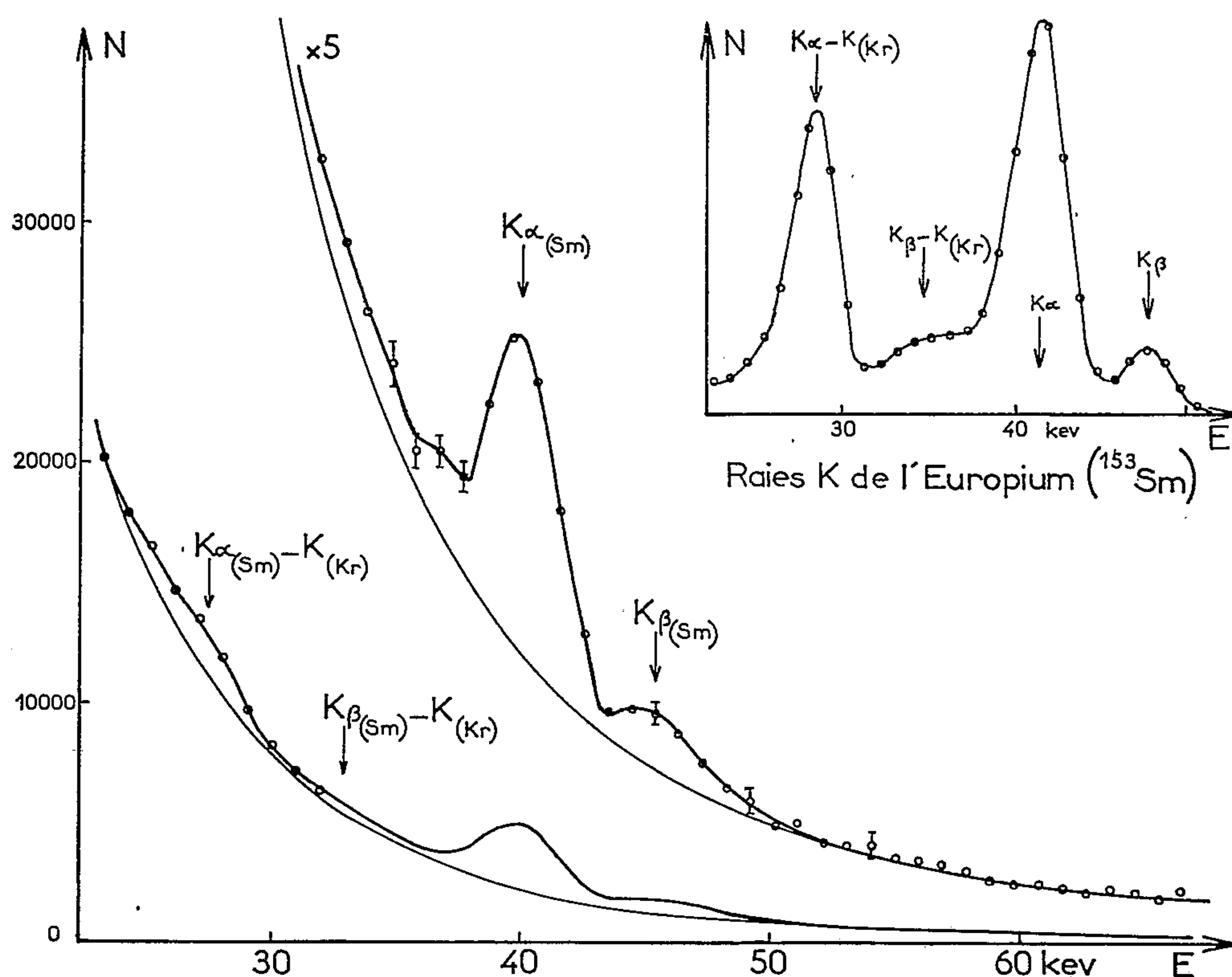
L'étude faite avec un spectromètre à scintillations des photons accompagnant la désintégration β de ^{147}Pm (1) ne permettait pas de mesurer précisément la contribution du phénomène d'ionisation dans la couche K, par suite du faible pouvoir de résolution. D'autre part, les valeurs théo-

(*) Séance du 31 octobre 1955.

(1) H. Langevin-Joliot, *Comptes rendus*, 241, 1955, p. 1286.

riques, $1{,}69.10^{-4}/\beta^-$ d'après A. Migdal (²), $2{,}36.10^{-4}/\beta^-$ d'après les calculs améliorés de J. S. Levinger (³) correspondent à une approximation assez mauvaise : la perturbation brusque, alors que pour ^{147}Pm la vitesse moyenne des rayons β est voisine de celle des électrons K. Enfin la valeur $3{,}85.10^{-4}/\beta^-$ trouvée par F. Behm et C. S. Wu (⁴) par la mesure de l'intensité des raies K au compteur proportionnel est nettement trop élevée pour être compatible avec nos spectres expérimentaux (¹).

Nous avons repris l'étude des raies du réarrangement consécutif à l'autoionisation K à l'aide d'un compteur proportionnel.



La source (70 μc) en sandwich entre deux pastilles de carbone absorbant les rayons β était placée devant la fenêtre de beryllium (17 mg/cm²) du compteur (⁵). Le compteur a été rempli à une pression de 70 cm de mercure, successivement de xénon, puis de krypton, mélangés à 10 % de propane; il a été étalonné en énergie avec les raies K de l'argent (^{109}Cd) et de l'europium (^{153}Sm). Les impulsions étaient analysées à l'aide d'un sélecteur à 50 canaux.

(²) *J. Phys.*, (*U. R. S. S.*), 4, 1941, p. 449.
(³) *Phys. Rev.*, 90, 1953, p. 11.
(⁴) *Phys. Rev.*, 93, 1954, p. 518.
(⁵) P. Radvanyi, *J. Phys. Rad.*, 16, 1955, p. 509; M. Langevin, *J. Phys. Rad.*, 16, 1955, p. 516.

La figure représente le spectre de freinage et les raies K de réarrangement ($k\alpha - k\beta$ de Sm) obtenus avec le krypton. Le rayonnement de freinage interne et le rayonnement externe dans le carbone ont été précédemment mesurés [1] : de leur intensité à 40 keV (ajustée définitivement en tenant compte de l'autoionisation), on peut déduire l'intensité de la raie K_α et ainsi la probabilité totale d'ionisation K.

Cette comparaison ne fait pas intervenir l'efficacité du compteur proportionnel, ni de façon directe le facteur d'échappement. Par contre, le fond de freinage « brut » mesuré directement à 40 keV doit être corrigé : *a*. on tient compte de l'échappement de photons K du gaz lors de la détection de photons d'énergie (40 keV $+ E_{X_k}$), cette correction est de 25 % pour le xénon et 17 % pour le krypton ; *b*. on estime la contribution à 40 keV de l'effet paroi pour des photons plus énergiques ; *c*. la correction de résolution finie est négligeable.

Dans le cas du xénon le fond de freinage à 40 keV est difficile à définir par suite de la proximité de la discontinuité K. En interposant un absorbant devant la source, on a pu mettre en évidence les raies d'échappement des photons K_α, K_β de Sm, sur le fond dû à l'échappemeut correspondant aux photons de freinage de la région de 40 keV ; on est gêné par la présence des raies K du cuivre. Ce sont donc principalement les mesures dans le krypton qui ont été utilisées.

Avec $K_\alpha/(K_\alpha+K_\beta)=0,8$, $\varpi_K=0,9$, $N/\text{keV}/\beta^- = 1,68.10^{-5}$ pour la proportion des raies K_α dans la série K, le facteur de fluorescence, et le nombre de photons de freinage à 40 keV, on obtient pour la probabilité d'autoionisation dans la couche K : $(1,25 \mp 0,25)10^{-4}/\beta^-$. On remarquera : 1° la valeur absolue de l'intensité du rayonnement de freinage utilisée est très supérieure à la valeur théorique ; 2° on peut constater, d'après l'examen de la figure 6 de Boehm et Wu [4], que leur rapport : Raies de réarrangement/fond de freinage, est du même ordre que le nôtre, ce qui n'est pas le cas si l'on prend leurs valeurs pour le freinage interne et l'autoionisation mesurées séparément (respectivement $3,5.10^{-6}/\text{keV}/\beta$ à 40 keV et $3,85.10^{-4}/\beta$) ; 3° la présence d'un rayonnement de 125 keV [1] ne perturbe pas les mesures : toutefois s'il était accompagné d'un faible rayonnement dans la région de 40 keV, la probabilité d'autoionisation *k* pourrait avoir été surestimée. Aucune raie γ distincte des raies d'autoionisation n'a été mise en évidence.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Complexe histamine-argent.*

Note de Mlle **Simone Hatem**, présentée par M. Christian Champy.

En mélangeant une solution de nitrate d'argent à une solution d'histamine, on obtient un précipité où l'histamine est engagée. Ce précipité est caillebotté lorsque les constituants sont en solution concentrée (M/2, M/4) et prend l'aspect d'un gel lorsque les solutions varient de M/10 à M/30.

J'ai fait l'étude des solutions allant de M/10 à M/30.

Un dosage à la burette permet d'établir que deux molécules d'histamine s'associent à une molécule de nitrate d'argent. L'histamine et l'argent formeraient le cation complexe $[Ag(C_5H_9N_3)_2]$ analogue au cation $Ag(NH_3)_2$ et le composé ne serait autre que $[Ag(C_5H_9N_3)_2]NO_3$, nH^2O analogue à $[Ag(RNH_2)_2]NO_3$.

J'ai opéré à pH 7,5. J'ai dû centrifuger le mélange; j'ai étudié le liquide et le résidu.

La précipitation est partielle. La précipitation ne peut être totale qu'en milieu nettement alcalin, mais en ce cas on introduit un peu d'oxyde d'argent dans le précipité.

Le résidu est constitué par un corps blanc, soluble dans les acides nitrique et sulfurique, insoluble dans l'ammoniaque. L'argent et l'histamine y sont dissimulés. Pour caractériser l'un et l'autre, il faut détruire le complexe (passage du courant dans la solution nitrique par exemple). L'ion NO_3^- est mis en évidence.

L'étude du liquide révèle l'argent et l'histamine non dissimulés. Le dosage gravimétrique donne les poids d'argent et d'histamine dans le rapport prévu.

Étudié dans l'ultraviolet le spectre d'absorption du liquide accuse une absorption maximum.

L'électrolyse de ce liquide faite dans un tube en U à robinets fermés fait apparaître NO_3^- à l'anode, à l'état de traces infinitésimales mais visibles. Le sulfate de diphénylamine est mis dans le compartiment anodique et le fil de platine servant d'anode se colore en bleu. Le dépôt cathodique est trop faible pour être dosé.

Le liquide se prend en masse en l'espace de 24 heures.

Le gel fixe par adsorption des substances colorantes ou luminescentes. Ainsi, le nitrate et l'acétate d'urane sont adsorbés à partir de leur solution aqueuse. Ceci permet de prévoir une nouvelle méthode de caractérisation de l'histamine.

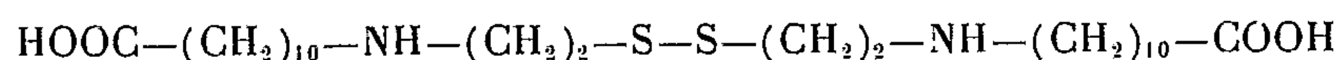
Le gel fera l'objet d'une étude ultérieure; sa morphologie s'avérant extrêmement intéressante.

CHIMIE MACROMOLÉCULAIRE. — *Propriétés de polyamides présentant des liaisons transversales disulfure.* Note de MM. **Georges Champetier** et **Jean Khaladji**, présentée par M. Charles Dufraisse.

La réaction de polycondensation de l'amino-11 undécanoïque avec un diacide diamine disulfure dérivé de cet aminoacide permet d'obtenir des fibres dont les modifications de propriétés mécaniques sous l'action des réducteurs puis des oxydants rappellent celles de la laine traitée dans les mêmes conditions.

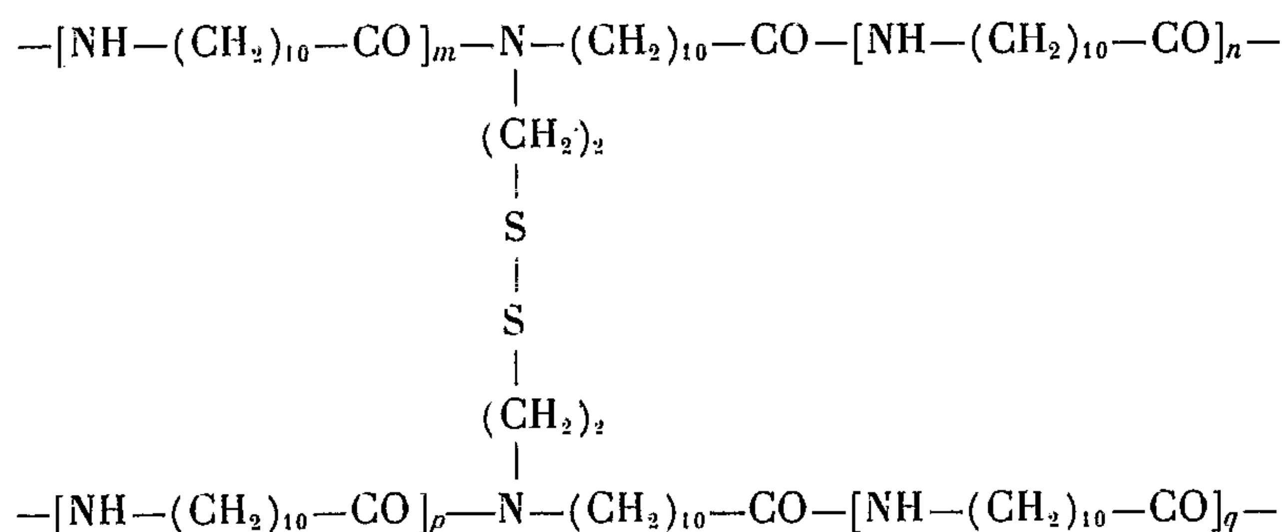
La copolycondensation de l'amino-11 undécanoïque $NH_2—(CH_2)_{10}—CO_2H$

et du bis-[N(β-thioéthyl) ω-aminoundécanoïque]



$$HOOC-(CH_2)_{10}-NH-(CH_2)_2-S-S-(CH_2)_2-NH-(CH_2)_{10}-COOH$$

permet d'obtenir des polyamides présentant des liaisons transversales disulfure entre les chaînes macromoléculaires, analogues à celles qui existent, du fait de la cystine, dans les kératines de la laine et des cheveux.



Par exemple, le polyamide contenant 1 % du disulfure, obtenu par polycondensation durant 6 h 15 à 192°, a une masse moléculaire d'environ 32 000 et correspond à une structure dans laquelle deux chaînes de polyundécanamide sont reliées par un seul pont disulfure avec, en moyenne, $m+n+p+q=216$ [1].

Les copolycondensats contenant de 1 à 3 % de disulfure ont un point de fusion de 190°. Ils peuvent être filés à l'état fondu par les procédés classiques. Par étirage à froid, les fils obtenus subissent un allongement irréversible d'environ 250 % et donnent alors un cliché de diffraction de rayons X de substance fibreuse ayant une bonne cristallinité, mais ne différant pas apparemment de celui du polyundécanamide [2] par suite du petit nombre de liaisons transversales. Ces polyamides brunissent sous l'action de la chaleur à 200° surtout en présence d'oxygène. Leurs caractères de solubilité sont semblables à ceux des polyamides courants; toutefois, les polyamides à forte teneur en disulfure se dissolvent à froid dans les solutions aqueuses à 70 % d'acide thioglycolique par suite de la réduction et de la coupure des liaisons transversales disulfure en fonctions thiol. Les polycondensats ne contenant que 1 à 3 % de disulfure ne sont pas solubles dans les mêmes conditions, mais subissent un certain gonflement. Les propriétés mécaniques des fibres réduites se trouvent nettement modifiées. Une réoxydation ménagée ultérieure par l'eau oxygénée à 10 volumes, en reformant les liaisons disulfure, fait réapparaître certaines des caractéristiques mécaniques primitives.

---

(1) G. Champetier et J. Khaladji, *Bull. Soc. Chim.*, 1955, p. 1623.

(2) R. Aelion, *Ann. Chim.*, 3, 1948, p. 5-61.

L'étude des propriétés mécaniques des fibres réduites et réoxydées dans des conditions diverses a été effectuée à l'aide de la micromachine de traction de P. Chevenard, en utilisant, pour la détermination du module d'Young dans le domaine d'extensibilité renversable, la méthode des petits cycles fixés ([3]).

La suite des traitements effectués sur des fils (diamètre, 140 à 190 μ; longueur, 3 à 5 mm) contenant 3 % de disulfure est indiquée par les symboles suivants, placés les uns après les autres dans l'ordre des opérations : E, étirage à froid; R, réduction (17 h); O, oxydation (17 h).

Désignation des fils.	Résistance à la rupture (kg/mm²).	Allongement total (%).	Domaine d'extensibilité renversable	
			Allongement (%).	Pente moyenne.
E	25,7	37	22	10,6
E-R	24,6	61	47	4,7
E-R-O	25,3	47	26	8,2
R-E	15,8	48	33	4,4
R-E-O	26,9	52	21	10,6
R-O-E	29	90	23	7

Quels que soient les traitements et leur ordre, le module d'Young reste pratiquement inchangé; par contre, la pente moyenne de la courbe force-allongement dans le domaine d'extensibilité renversable diminue par réduction. Autrement dit, l'élasticité vraie de la fibre n'est pas modifiée, mais les déformations plastiques qui se superposent aux déformations élastiques dans ce domaine sont nettement accrues. Par réoxydation, ces déformations plastiques diminuent. Les propriétés mécaniques de la fibre se rapprochent à nouveau de celles de la fibre initiale, étirée à froid.

Ce comportement mécanique est tout à fait comparable à celui des fibres de laine soumises à des traitements analogues de réduction puis de réoxydation ([4]). Toutefois, alors que la charge de rupture des fibres de laine diminue par réduction des ponts cystiniques et réaugmente lorsque ceux-ci se reforment par oxydation ultérieure, la résistance à la rupture des fils du polyamide étudié n'est pas sensiblement modifiée par les traitements de réduction et d'oxydation, sauf si la réduction est simplement suivie d'un étirage.

([3]) P. Chevenard et G. Champetier, *Comptes rendus*, 222, 1946, p. 954; *Bull. Soc. Chim.*, 13, 1946, p. 464.

([4]) M. Harris, L. R. Mizell et L. Fourt, *J. Res. Nl. Bur. Stand.*, 29, 1942, p. 73-86; W. I. Patterson, W. B. Geiger, L. R. Mizell et M. Harris, *J. Res. Nl. Bur. Stand.*, 27, 1941, p. 89-103; W. B. Geiger, F. F. Kobarjaski et M. Harris, *J. Res. Nl. Bur. Stand.*, 29, 1942, p. 381-389.

CHIMIE GÉNÉRALE. — *Allotropie de quelques xylénols.* Note de M. **David Bono**, présentée par M. Paul Pascal.

La mesure des vitesses de cristallisation linéaire des diméthylphénols nous a permis de déceler un polymorphisme présenté par deux d'entre eux, le 1.3.5 et le 1.2.5. Par des expériences calorimétriques nous avons prouvé l'existence de deux formes énantiotropiques de xylénol-1.3.5 et de trois formes énantiotropiques de xylénol-1.2.5.

Nous avons examiné l'allotropie des xylénols par trois méthodes physicochimiques différentes, la cristallisation linéaire, la calorimétrie différentielle et l'analyse dilatométrique.

En étudiant la vitesse de cristallisation linéaire maxima des diméthylphénols, nous avons trouvé que les courbes de cristallisation du xylénol-1.3.5 et du xylénol-1.2.5 (le carbone portant l'hydroxyle étant numéroté en premier) présentent des paliers successifs au lieu de l'allure habituelle de la courbe de Tamman. Ces paliers sont attribués à l'existence de formes cristallines différentes [1]. Ces variétés s'obtiennent en faisant cristalliser le liquide surfondu dans divers domaines de température par l'introduction d'un germe de substance solide pris toujours à la même température.

Les mesures calorimétriques différentielles se font dans un thermostat au dixième de degré centigrade contenant deux tubes de verre pyrex emplis respectivement d'un xylénol inerte, le 1.2.3 dans nos expériences, et du xylénol à expérimenter. Dans les xylénols primitivement fondus plongent les soudures d'un couple thermoélectrique relié à un galvanomètre à lecture directe. Le thermostat peut être chauffé ou refroidi avec une vitesse constante. Le galvanomètre permet de connaître les variations de température des xylénols et du bain thermostatique.

Si, au cours du temps, l'un des tubes est le siège d'une transformation allotropique accompagnée d'une variation d'enthalpie et de capacité calorifique, la différence des températures lue au galvanomètre, présentera une brusque variation immédiatement après la transformation, puis elle reprendra une variation régulière.

Ces résultats démontrent : 1° l'existence de deux variétés de xylénol-1.3.5, l'une stable au-dessus de 44°C environ, l'autre stable en dessous de cette température. Ces formes se transformant réversiblement l'une dans l'autre à l'état solide, on peut en déduire qu'il s'agit d'une transformation énantiotropique;

2° l'existence de trois variétés énantiotropiques de xylénol-1.2.5. Les temratures de transformation sont approximativement de 40 et de 50 °C.

---

(1) J. Michel, *Bull. Soc. Chim. Belg.*, 48, 1939, p. 105.

Résultats : 1.3.5-*Xylénol.*

Temps (minutes).	8,55	9,35	10,20	11,00	11,45	12,30
Température (°C).	39	40	41	42	43	44
Force électromotrice (mV).....	—1,35	—1,40	—1,40	—1,40	—1,50	—1,52
Temps..........	13,10	13,55	14,35	15,20	16,05	17,00
Température.....	45	46	47	48	49	50
F. é. m. (mV)...	—1,55	—1,50	—1,32	—1,10	—1,10	—1,18

La courbe a été tracée aussi au refroidissement.

Temps..........	1,25	2,15	3,00	3,40	4,50	5,40	6,40
Température.....	50	49	48	47	46	45	44
F. é. m. (mV)...	1,29	0,98	0,63	0,43	0,30	0,18	—0,10
Temps..........	7,35	8,45	9,45	11,0	12,05	13,25	14,30
Température.....	43	42	41	40	39	38	37
F. é. m. (mV)...	—0,45	—0,50	—0,37	—0,25	—0,22	—0,22	—0,22

Résultats : 1.2.5-*Xylénol.*

Temps..........	10,15	11,05	11,42	12,30	13,15	14,00	14,50
Température.....	34	35	36	37	38	39	40
F. é. m. (mV)...	0,12	0,12	0,12	0,10	0,07	0,10	0,00
Temps..........	15,30	16,15	17,00	17,45	18,38	19,30	20,15
Température.....	41	42	43	44	45	46	47
F. é. m. (mV)...	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Temps..........	21,15	21,45	22,10	22,45	24,30	25,12	26
Température.....	48	49	50	51	52	53	54
F. é. m. (mV)...	—0,05	—0,07	—0,10	—0,10	—0,15	—0,17	—0,10

La courbe a été tracée aussi au refroidissement.

Temps..........	0	0,37	1,08	1,50	2,30	3,05	3,45	4,25
Température.....	53	52	51	50	49	48	47	46
F. é. m. (mV)...	—0,30	—0,40	—0,50	—0,55	—0,52	—0,52	—0,52	—0,52
Temps..........	5,15	6,45	7,33	8,30	9,30	10,30	11,1	12,1
Température.....	45	44	43	42	41	40	39	38
F. é. m. (mV)...	—0,52	—0,52	—0,47	—0,40	—0,38	—0,38	—0,38	—0,38
Temps..........	13,3	14,4	15,4	17,1	18,3	20,0	21,3	23,1
Température.....	37	36	35	34	33	32	31	30
F. é. m. (mV)...	—0,30	—0,26	—0,28	—0,22	—0,19	—0,18	—0,18	-

L'analyse dilatométrique différentielle d'une éprouvette de xylénol de 20 cm de longueur à l'état cristallisé a été suivie avec un étalon d'aluminium dans un dilatomètre différentiel de Chévenard. La température suit une ascension lente et régulière de la température ambiante à 300 °C en six heures. On obtient pour le xylénol-1.3.5 une courbe qui présente, vers 40 °C, une brusque variation de la pente, ce qui constitue une preuve de la transformation allotropique.

MINÉRALOGIE. — *Synthèse d'un granite.*
Note de M. **Jean Wyart**, présentée par M. Charles Mauguin.

Expériences sur la cristallisation d'un verre naturel ayant la composition chimique d'un granite sous l'action de l'eau ou de solutions de sels alcalins entre 400 et 700°, 500 et 3000 bars. Apparition successive du feldspath alcalin et du quartz, présence de mica, pyroxène, amphibole. Les roches, en plaque mince, ont l'apparence d'un micro-granite.

Le problème de la genèse des granites demeure toujours pour les géologues, l'un des plus importants à résoudre, et les ingénieuses solutions que l'on a proposées font toujours l'objet de controverses animées. L'expérimentation guidée par les observations et les théories des géologues, peut apporter quelque lumière.

On sait reproduire, au laboratoire, les feldspaths, le quartz, les micas, les pyroxènes et les amphiboles qui sont les constituants essentiels des granites, mais il est intéressant de connaître les conditions de cristallisation d'un milieu amorphe, ayant la composition chimique du granite, ainsi que le mécanisme d'apparition des différents minéraux. J'ai réalisé un très grand nombre d'expériences sur ce sujet dont certains résultats ont déjà été exposés ([1]), ([2]).

L'idée est que l'eau joue un rôle essentiel, surtout si elle a dissous certains sels que l'on a l'habitude de considérer comme des « *minéralisateurs* ».

Les essais dont il est ici question se rapportent à une obsidienne de Monte Rossa (îles Lipari) ne montrant aucune trace de cristallisation, ni au microscope polarisant, ni aux rayons X, et dont la composition chimique est celle d'un granite. Dans chaque expérience, on place dans un autoclave, un prisme de quelques grammes de ce verre naturel avec la quantité d'eau ou de solution nécessaire pour réaliser, à une température bien déterminée, la pression désirée. On doit retrouver à la fin de l'essai, toute l'eau initiale. J'ai fait varier systématiquement la concentration de la solution, la température et la pression, sans toutefois dépasser une pression de 2 000 bars à 600° et 3 000 bars à 500°, ainsi que la durée pour saisir, à un instant donné, le degré de transformation du verre.

L'eau pure, et beaucoup plus vite une solution alcaline, diffuse de la surface vers l'intérieur de l'échantillon. Les molécules H_2O, les ions K^+, OH^- ou F^- rompent des liaisons dans l'édifice tridimensionnel des tétraèdres SiO_4, AlO_4, FeO_4 liés entre eux par leur sommet qui constituent le verre; des édifices

([1]) J. Wyart, *C. R. Congrès géol. Alger*, fasc. VI, p. 121-127

([2]) J. Wyart, *Sciences de la Terre* (à paraître).

atomiques plus petits, donc plus mobiles apparaissent; certains comme $Si(OH)_4$, ou $SiO(OH)_3^-$, saturent la phase vapeur (³). La viscosité diminue considérablement et quand celle-ci est suffisamment petite, la mobilité des atomes est assez grande pour réaliser l'équilibre.

Il apparaît d'abord le feldspath alcalin, en fines aiguilles alignées suivant les lignes de diffusion de la solution. Quand la teneur en eau croît, ces aiguilles s'assemblent en cristaux de plus grande dimension, puis le quartz commence à apparaître. La cristallisation d'abord en feldspath, puis plus tard en quartz, gagne progressivement toute la masse de la surface vers l'intérieur. Si l'on arrête l'essai avant la transformation totale, on observe une zone périphérique de feldspath et de quartz, entourant une zone feldspathique autour d'un noyau amorphe.

Avec l'eau pure, la cristallisation est très lente; par exemple à 400° et 2 000 bars on ne décèle au bout de 148 h, qu'une couronne d'orthose d'environ 2 mm, mal cristallisée autour d'un noyau amorphe. Cependant, on a pu mettre en évidence, sur le verre pulvérisé, la formation d'orthose et de quartz. Avec les carbonates et les fluorures de potassium, la cristallisation est rapide. Dans une récente expérience, j'ai traité 7,2 g de l'obsidienne par une solution de 19 cm³ d'eau ayant dissous 0,309 g de K_2CO_3 et 0,261 g de KF, à 600°, pendant 120 h sous une pression de 2 000 bars. A la fin de l'expérience, la solution résiduelle renferme 35 mg de K_2O et 110 mg de Na_2O; pendant que des ions K^+ diffusaient dans la masse, des ions Na^+ ont migré vers la solution.

J'ai retiré de l'autoclave un bloc solide entièrement cristallin, sur la surface duquel on aperçoit des cristaux de quartz pyramidés et de fines aiguilles d'une amphibole monoclinique. La plaque mince montre nettement l'association de feldspath et de quartz et ressemble singulièrement à celles de certains microgranites.

Dans d'autres expériences j'ai pu mettre en évidence le pyroxène ægyrine et le mica biotite.

Nous retrouvons ainsi une roche entièrement cristalline, avec les constituants minéralogiques du granite, dans le même ordre d'apparition.

Les domaines de température (400 — 700°) et de pression (1500 bars-3 000 bars) où nous observons la cristallisation en feldspath et quartz, sont bien ceux que l'on peut envisager du point de vue géologique, pour la genèse des granites.

(³) J. WYART et G. SABATIER, *Comptes rendus*, 240, 1955, p. 2157.

GÉOLOGIE. — *Précisions sur la stratigraphie de l'Himalaya de l'Arun.* Note de MM. **Pierre Bordet** et **Michel Latreille**, présentée par M. Paul Fallot.

Les 15, 16 et 17 mai 1955, neuf membres de la deuxième Expédition française au Makalu (Himalaya), organisée par la Fédération française de la Montagne avec la collaboration du Club alpin français, sont parvenus au sommet de cette montagne (8 470 m), atteignant ainsi, dans les meilleures conditions, le but qu'ils s'étaient fixé.

Cette expédition était accompagnée par les auteurs, envoyés en mission, à titre de géologues, par le Centre National de la Recherche Scientifique. Comme il était prévu que nous ne devions pas tenter l'ascension du sommet, nos recherches ont porté sur la géologie d'ensemble de la chaîne himalayenne.

Grâce à l'autonomie de déplacement qui nous avait été accordée, nous avons pu compléter au mieux l'exploration géologique de la vallée de l'Arun, ainsi que celle de la Solo Kumbu, vallées qui avait été déjà parcourues par l'un de nous (P. B.) en 1954, lors de la première Expédition au Makalu.

Les itinéraires parcourus ont été les suivants ([1]) : marche d'approche, Dharan Bazar-Kérabari-Chainpur (à 20 km à l'Est de l'itinéraire antérieur), puis Chainpur-Dingla-Étané (30 km à l'Ouest), puis Étané-Hatia-Raka La (col sur la frontière tibétaine à l'Est de l'Arun) - Hatia et camp de base par la rive gauche du Barun. Après différentes courses dans la région du Makalu, pour le retour nous nous sommes séparés, l'un (M. L.) est passé par les cols du Hungu, la région de l'Éverest, la vallée de la Dudh Kosi; l'autre (P. B.) par Sédua, le Kimbi La ([2]), le Surké La. Réunis à Kharikhola sur la Dudh Kosi, nous sommes rentrés à Kathmandu par l'itinéraire habituel des expéditions à l'Éverest : Jumbési-Thosé-Dolalghat.

L'ensemble des résultats acquis antérieurement ([3]) s'est trouvé confirmé; les faits suivants ont été notés.

1. La série de Dharan (mollasse des Siwaliks) a été recoupée sur 5 km. Quelques fossiles y ont été trouvés : lamellibranches, gastéropodes, empreintes de feuilles.

2. La série de Sangouri, sous son faciès de schistes versicolores, n'a été recoupée que sur une centaine de mètres.

([1]) *Cartes au* 1/253 440e *du Survey of India*, n° 78.

([2]) Non porté sur les cartes, il est situé à quelques kilomètres au Nord du Salpa La.

([3]) *Comptes rendus*, 240, 1955, p. 102 et 212.

3. Les séries de Dhankouta, Légua et Tinjuré, groupées maintenant sous le nom d'*Ensemble du Bas-Himalaya*, ne sont que la répétition tectonique, plus ou moins perturbée, d'une unique série stratigraphique, dont la coupe est la suivante de haut en bas :

a. Phyllades bleues;

b. Phyllades rouges ou jaunes plus ou moins irrégulières;

c. Phyllades de même type, mais contenant des passées de roches carbonatées brunes, ainsi que des amphibolites noduleuses ou sphérolitiques, à amphiboles blanches, plus rarement des amphibolites noires, du talc, des lits de quartzites;

d. Quartzites supérieures souvent colorées en vert par la chlorite;

e. Phyllades bleues avec quartz d'exsudation jaune, souvent grenatifères; ce niveau contient assez fréquemment une passée de schistes graphiteux noirs à faciès « schistes à graptolites »;

f. Quartzites inférieurs contenant de la biotite, du grenat, parfois du disthène; à ce niveau sont souvent associées des lentilles de cipolin bleu très typique et des passées de schistes graphiteux;

g. Micaschiste à muscovite et parfois, dessous, à muscovite et biotite, avec localement passées d'amphibolites vertes;

h. Migmatites (souvent embréchites œillées) en contact avec les micaschistes par l'intermédiaire d'un front de métamorphisme plus ou moins net.

Cette série stratigraphique a été recoupée une vingtaine de fois, toujours semblable à elle-même, quoique souvent très écrasée. La constance de ses faciès est un trait tout à fait remarquable de cette partie de l'Himalaya. L'épaisseur maximum des niveaux *a* à *f* dans la vallée de l'Arun semble atteindre 1500 à 1800 m.

4. Les séries du Barun, du granite du Makalu et de l'Éverest ont été groupées sous le nom d'*Ensemble du Haut-Himalaya*.

Ainsi qu'il a été dit (3), cet ensemble comprend, dans la région de Namché Bazar, un très grand développement de migmatites, réduites, par contre, à fort peu de chose dans la région du Barun. La coupe complète de la vallée de la Dudh Kosi a montré que, sous les migmatites de Namché Bazar, affleurait une épaisseur relativement réduite de gneiss ectinites du type Barun. Ce fait paraît bien confirmer l'idée que les migmatites de Namché Bazar sont l'équivalent migmatisé de la partie supérieure des gneiss du Barun.

Age de ces diverses séries. — La série de Dharan correspond probablement au niveau des Siwaliks moyens, datés du Miocène inférieur (4).

---

(4) C. S. Middlemis, *Mem. geol. Surv. Ind.*, 24, 1890.

Par comparaison avec la coupe des séries de Nawakot, la série de Sangouri peut être attribuée au Permo-trias (renseignement oral de M. T. Hagen).

La coupe de l'Ensemble du Bas-Himalaya décrite ci-dessus peut être comparée à une coupe analogue relevée par La Touche en Birmanie du Nord (5), mais dans cette région, la série qui n'est pas métamorphique, est richement fossilifère et va du Carbonifère au Silurien inférieur; l'interprétation serait alors la suivante : les niveaux *a* et *b* correspondraient au Carbonifère inférieur et au Dévonien supérieur, *c* au Dévonien moyen, *d* au Dévonien inférieur, *e* au Silurien supérieur, *f* au Silurien inférieur et au Cambrien (6).

Cette hypothèse semble confirmée par la découverte faite par l'un de nous (P. B.) d'Archæocyathidés (famille des Coscinocyathidés, genre *Tabulacyathus*?) dans des pierres d'appareil à Kathmandu. A ces fossiles sont associés des organismes coloniaux évoquant des polypiers, peut-être des algues, des tiges de crinoïdes parfois décorées, des sections d'orthocéres, et de brachiopodes (7). Ces pierres proviennent de carrières de la région de Godavari au Sud de Kathmandu. Un gisement fossilifère avait été trouvé dans cette région par J. B. Auden (8) qui y avait signalé des fossiles sans déterminations spécifiques et l'avait attribué avec doute à l'Ordovicien. La présence des Archæocyathidés permet d'être certain de l'existence de Cambrien; or les roches contenant ces fossiles ont le faciès typique des cipolins bleus du niveau *f* de l'Ensemble du Bas-Himalaya. De plus, il paraît bien établi par T. Hagen que les couches de Godavari appartiennent à cet ensemble.

Enfin, ainsi que celà a déjà été dit pour l'Ensemble du Haut-Himalaya, les couches de Lachi qui reposent sur la série de l'Éverest sont datées du Permo-carbonifère; la série de l'Éverest doit donc représenter la base du Primaire et les gneiss du Barun sous-jacents, le Précambrien.

En résumé, il semble que, mise à part la série de Dharan qui est tertiaire, l'Himalaya de l'Arun soit constitué essentiellement par du matériel précambrien (gneiss ectinites ou migmatites) supportant en concordance, au moins apparente, une couverture stratifiée de roches épimétamorphiques primaires. Les formations plus récentes paraissent faire entièrement défaut et il ne semble pas que ce fait puisse être attribué à des raisons tectoniques.

---

(5) T. H. D. La Touche, *Mem. geol. Surv. Ind.*, 39, 1913.

(6) On sera frappé par l'analogie étroite de cette coupe avec celles des Tassilis du Sahara français.

(7) Il n'est pas certain que tous ces fossiles proviennent du même niveau.

(8) *Rec. geol. Surv. Ind.*, 69, 1935.

GÉOLOGIE. — *Observations géologiques sur l'Ennedi, le Mourdi et les Erdi (Territoire du Tchad, A. E. F.).* Note (*) de MM. **André Bonnet, Jean-Michel Freulon, Albert-F. de Lapparent** et **Pierre Vincent**, présentée par M. Pierre Pruvost.

Sur un socle cristallin précambrien, viennent en discordance des grès du Paléozoïque inférieur, avec niveaux à *Harlania*. Au-dessus, le Dévonien supérieur à *Spirophyton* et *Archæosigillaria* forme la zone culminante de l'Ennedi. Le Dinantien, avec des influences marines manifestées par des couches calcaires, occupe la dépression du Mourdi. Les Erdi sont des plateaux de Grès de Nubie à bois silicifiés.

La constitution géologique de l'Ennedi, massif montagneux situé à 1000 km au Nord-Est du Lac Tchad, était connue *grosso modo* par les missions Tilho, Grossard et Dalloni. Cependant, bien des relations stratigraphiques avaient besoin d'y être précisées, ainsi que pour le Mourdi et les Erdi situés plus au Nord. La mission géologique du Borkou-Ennedi-Tibesti (Direction des Mines et de la Géologie de l'A. E. F.) a donc entrepris dès février 1955 d'établir une coupe Sud-Nord de 250 km, entre Archeï et l'Erdi Dji [1], combinant les trajets en camions avec un itinéraire à chameaux de Diona à Fada, par les plateaux d'Erdebé et de Basso encore inconnus des géologues. En voici les principaux résultats :

Précambrien. — Le socle cristallin affleure largement au Sud de l'Ennedi, où l'on voit surtout des gneiss migmatites; ils sont traversés de filons variés et percés de massifs granitiques qui souvent émergent de la plaine (Derbé, Archeïbedo, Souleymani, etc.). Partout, la pénéplaine précambrienne fut profondément altérée avant le dépôt du Paléozoïque : la roche est décomposée sur plus de 10 m d'épaisseur, rubéfiée et ferruginisée en surface. Du fait de cette croûte un peu plus résistante, l'érosion l'a souvent dégagée sur plusieurs kilomètres carrés, redonnant une étonnante vision de la pénéplaine anté-paléozoïque.

Grès du paléozoïque inférieur. — Le Paléozoïque débute par des grès grossiers de teinte fauve, à dragées de quartz, à stratification entrecroisée, transgressifs sur le cristallin. On a tantôt des buttes témoins posées sur un socle cristallin (Ouaguif, Deli, Terkeï, etc.), tantôt des falaises reproduisant l'aspect morphologique des Tassilis internes du Hoggar (admirables contacts de la source de Déli). Nous avons observé des ondulations et quelques failles (Archeï, Est de Deli), qui apparaissent encore bien mieux sur les photos d'avion.

Les grès forment un ensemble épais de 200 m au total, coupé de dalles

(*) Séance du 7 novembre 1955.

(1) *Voir* la carte : *Croquis de l'Afrique française au* 1/1 000 000e, feuille Faya.

ferrugineuses donnant des surfaces dégagées à divers niveaux. Le Gothlandien n'étant pas individualisé par des couches tendres, la morphologie ne peut guère aider à cartographier des coupures. Cependant, la présence de nombreux et beaux gisements à *Harlania* (mont Fada, Arbetaïré, Materella) dans des grès en dalles, à deux ou trois niveaux constants, prolonge jusque dans l'Ennedi l'horizon attribué au Gothlandien et à la base du Dévonien à l'Ouest du Tibesti et suivi encore au Borkou. On peut ainsi reconnaître que la dépression de Fada est déblayée dans ces grès en plaques, et que l'arche de Tourba est creusée dans les « grès supérieurs ». L'ensemble des grès du Paléozoïque inférieur correspond à l'Ordovicien, au Gothlandien et au Dévonien inférieur des régions plus occidentales ([2]).

Dévonien moyen et supérieur. — La partie culminante de l'Ennedi est une suite de hautes plaines : Doïnga, Biti, Basso (altitude 1250 m), Erdebé. On y suit constamment des grès tendres micacés, à *Spirophyton* partout très abondants, livrant aussi çà et là la flore à *Archæosigillaria* du Dévonien supérieur ou du Dinantien inférieur. Les couches sont affectées de quelques variations de pendage et de failles de faible rejet. Mais, dans l'ensemble, elles plongent vers le Nord, de 1 à 2°, constituant tout le versant septentrional de l'Ennedi et s'enfonçant sous la dépression du Mourdi. Ces grès présentent souvent des phénomènes de stratification torrentielle, avec des strates coupées en biseau; la gorge de Bimé, 20 km au Sud de Diona, montre même de manière spectaculaire d'énormes lentilles de grès massifs, passant latéralement et brusquement à des grès tendres lités.

A l'Ouest d'Aoué, on observe une série de grès plus tendres, parfois psammitiques, compris entre les grès du Paléozoïque inférieur et les grès à *Spirophyton* : il serait logique d'y reconnaître un équivalent du Dévonien moyen de l'Ouest du Tibesti, sous un faciès plus grossier.

Carbonifère. — Entre Diona et Fardiallah, la dépression du Mourdi, malgré l'extension des atterrissements quaternaires, présente assez d'affleurements pour qu'on y reconnaisse le Carbonifère. Des grès ferrugineux existent seuls à la base, à Diona et Méméché. Puis on voit apparaître des intercalations de grès calcaires, de nodules calcaires roses et blancs, de calcaire spathique en grosses miches. Plus loin encore, ce sont des calcaires roses ou bleutés dans des grès feuilletés et des marnes. Dans le prolongement du Mourdi, à l'Ouest, à Edekki, nous avons également découvert des calcaires bleutés, en bancs plus réguliers, alternant avec des grès et des marnes vertes. Les ressemblances sont telles avec le Carbonifère du Djado qu'on peut y reconnaître le Dinantien, avec des influences marines plus timides, mais incontestables. Ainsi se trouve précisé à l'Est du Tibesti

---

([2]) *Comptes rendus*, 241, 1955, p. 1320.

un bassin carbonifère qui se situe vraisemblablement à la limite atteinte vers le Sud-Est par la transgression dinantienne.

Grès de Nubie (Continental intercalaire). — La fréquence des bois silicifiés du type *Dadoxylon* épars sur le sol dans le Mourdi fait pressentir l'approche des Grès de Nubie. Ce sont eux, en effet, qui forment toutes les collines au Nord-Ouest de Fardiallah, sous forme de grès rouges et blancs à dragées de quartz, avec lits de marnes rouges. On notera une remarquable faille inverse qui découpe une de ces collines, preuve de mouvements post-crétacés en ces régions et que l'on comparera à ceux récemment signalés autour d'Agadès.

Au Nord de Fardiallah, tous les reliefs tabulaires sont formés de grès de Nubie à bois silicifiés : Demi, Teguideï, Sabi Terka, Erdi Dji. Cet Erdi tout entier présente des plateaux horizontaux, profondément découpés, dominant de 200 m les regs environnants, à Réinga et à Boroulli.

Les grès de Nubie se poursuivent largement au Nord, formant, au-delà de la falaise de Tekro, les immenses étendues du Jef-Jef. Ils constituent encore une grande partie de l'Erdi Ma, où ils contiennent de nombreux troncs d'arbres silicifiés. Ils paraissent discordants sur le Carbonifère et le Dévonien supérieur, comme ils le sont plus à l'Ouest, à Ouadi Doum et à Edekki.

GÉOLOGIE. — *Sur deux variétés de granites observées en Guyane française.*

Note de M. **Boris Choubert**, présentée par M. Pierre Pruvost.

Parmi les nombreuses variétés de roches cristallines que l'on rencontre dans le Précambrien de la Guyane, deux groupes de granites présentent une individualité assez remarquable : l'un est en relation avec le synclinorium de l'Orapu, l'autre se situe immédiatement au Sud de cette zone.

1. Le premier traverse les deux séries du Précambrien supérieur guyanais : série de l'Orapu (essentiellement schisteuse avec conglomérat de base), et série de Bonidoro [gréso-schisteuse et conglomératique ([1])], affectées par un métamorphisme général peu intense (séricitoschistes), schistosées et plissées suivant une direction Est-Sud-Est-Ouest-Nord-Ouest.

Ces granites forment des massifs circonscrits de faible dimension (10 × 18 km au maximum), aux contours relativement précis et de forme elliptique assez régulière. Ceux-ci sont syntectoniques et leur grand axe est orienté parallèlement aux plissements. La roche est à grain fin et nettement orientée; elle contient du microcline en quantité variable, des

([1]) B. Choubert, *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 1664 et 1900.

plagioclases acides et de la biotite. Cette dernière fait place à la muscovite au contact des terrains encaissants.

Les massifs les plus remarquables sont ceux du Petit Saut sur le Sinnamary, de Tamanoir et de Gros Montagne dans la Mana, de la crique Serpent et de la Sparouine dans le bassin du Maroni. Ils sont entourés d'un bourrelet en relief, parfaitement visible sur les photographies aériennes et représentant une auréole d'intense métamorphisme, large de 1 à 2 km.

Celles-ci sont formées de micaschistes à biotite, staurotide et grenats avec, près du contact, de la sillimanite. La dimension des cristaux de staurotide décroît de l'intérieur vers l'extérieur, de même que la fréquence des filons et veines de pegmatite. Ces derniers contiennent de la biotite près du contact et, ailleurs, de la muscovite. On y trouve également de la tourmaline noire et du béryl.

L'individualité topographique des auréoles est due à la particulière résistance à l'érosion des roches fortement métamorphiques qui les constituent. La direction générale des schistes n'est pas sensiblement dérangée par ces granites, qui ont recoupé à l'emporte-pièce les terrains encaissants.

L'intensité et la largeur des auréoles semblent être fonction de l'angle que fait la paroi extérieure du batholite avec la surface horizontale.

Outre ces particularités morphologiques et pétrographiques, les auréoles des batholites présentent un intérêt économique : les colombo-tantalates, provenant de veines de pegmatite à muscovite, y forment des gisements alluvionnaires et éluvionnaires. L'association avec le spinelle gahnite est une paragénèse qui caractérise les gîtes tantalifères de la Guyane française.

2. Le deuxième type de granite intrusif forme également des massifs circonscrits, aux contours plus capricieux que les précédents. L'absence, dans leur zone d'extension, de terrains appartenant à la série de l'Orapu fait qu'on ne peut dire avec certitude s'ils sont de même âge que les précédents. Les batholites sont logés, soit dans la série de l'Ile de Cayenne, soit dans les roches de Paramaca. On en connaît qui affectent le Bonidoro (bassin de la crique Tigre). Les granites de cette catégorie forment également un vaste massif (Montagnes de la Sparouine), aux abords abrupts, entre le bassin de la crique Lézard (Mana) et celui de la Sparouine (Maroni), et provoquent les sauts Jupiter-Lucifer dans le Courcibo.

La même venue est représentée dans l'Approuague, où de belles auréoles métamorphiques existent sur le pourtour des massifs de la crique Ekiny et de la crique Colonis (2). Ceux-ci sont composés de micaschistes à andalousite, cordiérite et grenats (série de l'Ile de Cayenne). Des roches contenant de la staurotide ont également été observées dans la même région.

Ces granites ont un grain plus grossier que ceux du premier groupe.

(2) D'après M. G. Guyonnaud.

Leur tendance est nettement potassique : ils contiennent du microcline, des plagioclases acides et de la biotite, avec, parfois, de l'allanite et de l'épidote primaire. L'orientation est généralement nulle.

Ces deux granites « caraïbes », très voisins quant à la composition minéralogique, appartiennent l'un et l'autre au Précambrien supérieur guyanais. Le premier a été mis en place lors de la phase orogénique finale du Précambrien. Le deuxième pourrait être un peu plus ancien : post Bonidoro et tout au plus, anté-Orapu, de l'andalousite remaniée ayant été trouvée dans le conglomérat de cette dernière série.

En résumé, en dépit d'analogies physico-minéralogiques très grandes entre les deux types de granite et d'un mode de gisement très voisin, les différences tectoniques, stratigraphiques et métallogéniques incitent à croire qu'il s'agit de deux venues successives, bien qu'assez rapprochées dans le temps.

OCÉANOGRAPHIE. — *Sur quelques nouvelles mesures de la pénétration du rayonnement ultraviolet dans la Méditerranée et leur interprétation théorique.* Note de Mlle **Jacqueline Lenoble**, présentée par M. Jean Cabannes.

Des mesures du rayonnement ultraviolet naturel dans la mer ont été faites à Monaco pendant l'été 1955 et ont porté sur la luminance du rayonnement se propageant verticalement de haut en bas, horizontalement et verticalement de bas en haut. Les résultats semblent en bon accord avec les valeurs antérieures et la théorie.

Nous avons refait, cet été, aux environs de Monaco, et avec un appareillage amélioré, des mesures de la pénétration diffuse du rayonnement ultraviolet dans la mer; les résultats restent en bon accord avec ceux des années précédentes (1).

La luminance du rayonnement se propageant verticalement de haut en bas, V décroît en fonction exponentielle de la profondeur; le tableau I donne le coefficient décimal d'extinction c (en m^{-1}) trouvé dans nos diverses mesures, la moyenne de ces résultats 1955 et la moyenne 1953-1954.

Le rayonnement diffusé horizontalement H et le rayonnement diffusé verticalement de bas en haut B, après des perturbations dans les premiers mètres, décroissent également en fonction exponentielle de la profondeur avec un coefficient peu différent de c, quoique souvent légèrement supérieur. Le tableau II donne les valeurs de $\log H/V$ et $\log B/V$ trouvées dans nos différentes mesures, ainsi que leur moyenne; on constate que H/V et B/V diminuent légèrement vers les courtes longueurs d'onde; ils varient suivant les jours dans des rapports qui peuvent atteindre presque 1 à 10, cependant que B/H reste presque constant.

(1) J. Lenoble, *Comptes rendus*, 239, 1954, p. 1821.

TABLEAU I.

λ (Å)........	4 130.	4 040.	3 905.	3 780.	3 685.	3 600.	3 540.	3 440.	3 350.	3 350.	3 260.	3 215.	3 185.
c. 1 Sept.......	0,019	0,015	0,021	0,031	0,035	0,046	0,051	0,068	0,075	0,090	0,087	0,098	0,098
2 »	0,020	0,024	0,029	0,033	0,045	0,053	0,056	0,064	0,070	0,078	0,081	0,084	0,092
2 »	0,036	0,038	0,045	0,050	0,060	0,064	0,068	–	0,111	–	–	–	–
3 »	0,025	0,027	0,036	0,044	0,047	0,060	0,062	0,070	0,077	0,090	0,111	–	–
5 »	0,038	0,041	0,045	0,050	0,053	0,065	0,067	0,077	0,088	0,098	0,105	0,107	0,117
6 »	0,022	0,024	0,026	0,030	0,039	0,046	0,049	0,057	0,068	0,078	0,079	0,093	–
7 »	0,024	0,029	0,034	0,046	0,048	0,056	0,060	0,070	0,076	0,087	0,075	–	–
8 »	0,034	0,043	0,047	0,054	0,057	0,064	0,069	0,078	0,086	0,102	0,104	0,112	–
10 »	0,020	0,022	0,039	0,041	0,046	0,050	0,054	0,062	0,068	0,076	0,085	0,092	0,098
10 »	0,030	0,041	0,042	0,049	0,054	0,059	0,061	0,072	0,078	0,078	0,085	–	–
10 »	0,033	0,041	0,047	0,056	0,060	0,072	0,075	0,089	0,095	0,094	0,098	0,116	0,109
12 »	0,031	0,034	0,040	0,048	0,054	0,055	0,061	0,067	0,083	0,095	0,100	0,116	–
13 »	0,021	0,027	0,031	0,041	0,044	0,052	0,056	0,067	0,061	0,084	0,075	0,075	0,078
c. moyenne :													
1955........	0,027	0,031	0,037	0,044	0,049	0,057	0,061	0,071	0,079	0,087	0,090	0,100	0,098
1953-54.....	0,032	0,035	0,038	0,042	0,046	0,050	0,054	0,064	0,069	0,070	0,073	0,075	–

TABLEAU II.

λ (Å)........	4 130.	4 040.	3 905.	3 780.	3 685.	3 600.	3 540.	3 440.	3 350.	3 305.	3 260.	3 215.
H/V. 5 Sept....	$\bar{2},85$	$\bar{2},87$	$\bar{2},70$	$\bar{2},62$	$\bar{2},52$	$\bar{2},50$	$\bar{2},49$	$\bar{2},33$	$\bar{2},24$	$\bar{2},28$	–	–
6 »	–	$\bar{2},95$	$\bar{2},88$	$\bar{2},72$	$\bar{2},70$	$\bar{2},66$	$\bar{2},59$	$\bar{2},41$	$\bar{2},39$	$\bar{2},23$	$\bar{2},43$	–
7 »	$\bar{1},42$	$\bar{1},41$	$\bar{1},30$	$\bar{1},27$	$\bar{1},19$	$\bar{1},07$	$\bar{1},08$	$\bar{2},90$	2,82	–	–	–
8 »	–	–	$\bar{1},66$	$\bar{1},47$	$\bar{1},48$	$\bar{1},28$	$\bar{1},33$	$\bar{1},06$	$\bar{2},83$	$\bar{2},86$	–	–
10 »	$\bar{1},15$	$\bar{1},15$	–	$\bar{2},82$	$\bar{2},71$	$\bar{2},72$	$\bar{2},69$	$\bar{2},62$	$\bar{2},50$	$\bar{2},42$	–	–
12 »	$\bar{1},34$	$\bar{1},38$	$\bar{1},26$	$\bar{1},08$	$\bar{2},97$	$\bar{2},93$	$\bar{2},85$	$\bar{2},63$	–	–	–	–
13 »	$\bar{1},50$	$\bar{1},47$	$\bar{1},39$	$\bar{1},09$	$\bar{1},20$	$\bar{1},15$	$\bar{1},07$	$\bar{2},88$	$\bar{2},70$	$\bar{2},81$	–	–
H/V. moy....	$\bar{1},25$	$\bar{1},20$	$\bar{1},19$	$\bar{1},01$	$\bar{2},96$	$\bar{2},90$	$\bar{2},87$	$\bar{2},69$	$\bar{2},58$	$\bar{2},52$	$\bar{2},43$	–
B/V. 5 Sept....	$\bar{2},06$	$\bar{2},04$	$\bar{3},97$	$\bar{3},89$	$\bar{3},83$	$\bar{3},85$	$\bar{3},82$	$\bar{3},86$	–	–	–	–
6 »	$\bar{2},27$	$\bar{2},23$	$\bar{2},16$	$\bar{2},04$	$\bar{2},05$	$\bar{2},03$	$\bar{3},66$	3,67	$\bar{3},73$	$\bar{3},70$	–	–
7 »	$\bar{2},71$	$\bar{2},69$	$\bar{2},64$	$\bar{2},56$	$\bar{2},55$	$\bar{2},43$	$\bar{2},43$	$\bar{2},15$	$\bar{2},16$	$\bar{2},17$	–	–
8 »	$\bar{1},07$	$\bar{2},99$	$\bar{2},80$	$\bar{2},63$	$\bar{2},58$	$\bar{2},45$	$\bar{2},48$	$\bar{2},33$	$\bar{2},16$	2,25	–	–
10 »	$\bar{2},33$	$\bar{2},26$	–	$\bar{2},08$	$\bar{2},09$	$\bar{2},05$	$\bar{2},00$	$\bar{2},08$	$\bar{3},84$	$\bar{3},87$	–	$\bar{3},96$
12 »	$\bar{2},57$	$\bar{2},51$	$\bar{2},43$	$\bar{2},29$	$\bar{2},24$	$\bar{2},20$	$\bar{2},07$	$\bar{3},79$	$\bar{3},81$	$\bar{3},65$	–	–
13 »	$\bar{2},82$	$\bar{2},76$	$\bar{2},64$	$\bar{2},38$	$\bar{2},48$	$\bar{2},40$	$\bar{2},37$	$\bar{2},20$	$\bar{2},15$	$\bar{2},36$	$\bar{2},39$	$\bar{2},16$
B/V. moy....	$\bar{2},55$	$\bar{2},50$	$\bar{2},44$	$\bar{2},27$	$\bar{2},26$	$\bar{2},20$	$\bar{2},12$	$\bar{2},01$	$\bar{3},97$	$\bar{2},00$	–	$\bar{2},06$

TABLEAU III.

λ (Å)....	4 130.	4 040.	3 905.	3 780.	3 685.	3 600.	3 540.	3 440.	3 350.	3 305.
K.........	0,042	0,045	0,053	0,058	0,063	0,072	0,076	0,084	0,091	0,100
k..........	0,029	0,030	0,034	0,034	0,036	0,040	0,041	0,041	0,042	0,045
β.........	0,013	0,015	0,019	0,024	0,027	0,032	0,035	0,043	0,049	0,055

Ces résultats semblent en accord raisonnable avec la théorie (²), qui prévoit, en profondeur, l'établissement d'un état d'équilibre, où la répartition spatiale de luminance devient constante, et la décroissance du rayonnement exponentielle. Des valeurs moyennes 1955 de H/V, B/V et de c, nous avons déduit par le calcul des valeurs du coefficient d'absorption totale de l'eau de mer K, du coefficient d'absorption par diffusion k, et du coefficient d'absorption propre β, qui sont donnés dans le tableau 3 (coefficient décimaux en m^{-1}).

EMBRYOGÉNIE VÉGÉTALE. — *Embryogénie des Orchidacées. Développement de l'embryon chez le* Vanilla fragrans *(Salisb.) Ames*. Note de Mlle **Yvonne Veyret**, présentée par M. René Souèges.

La marche de la segmentation a pu être rigoureusement suivie dans le *V. fragrans*; elle a permis de déterminer les règles de construction de l'embryon et de séparer des parties constitutives dont les destinées ne peuvent, pour le moment, être fixées, l'embryon, dans la graine, ne dépassant pas le stade proembryonnaire.

Les lois qui président à la construction de l'embryon chez les Orchidacées n'ont jamais pu être déterminées de façon satisfaisante. La marche de la segmentation, cellule par cellule, n'a pas été rigoureusement suivie depuis l'œuf jusqu'à l'embryon tel qu'il se trouve dans la graine. Les données que l'on possède ne sont que fragmentaires et incomplètes; la famille est immense, elle est la plus riche des Angiospermes; elle comporte plus de 20 000 espèces (d'après Richard Wettstein, II, 1935, p. 1033); peu de ces espèces ont été examinées au point de vue embryogénique. On pourra s'en rendre compte en consultant le mémoire de Melchior Treub (¹) et l'Ouvrage récent de Donald Alexander Johansen (²).

B. G. L. Swamy (³), chez le *Vanilla planifolia* Andr. [maintenant appelé *Vanilla fragrans* (Salisb.) Ames], a seulement étudié quelques stades du développement. Ses observations ne dépassent pas le stade des octants, à la suite duquel l'embryon fournirait un massif ovoïde indifférencié; l'auteur, d'autre part, donne une figure indiquant qu'il se constituerait deux sortes de tétrades. De nouvelles recherches étaient indispensables.

Chez le *Vanilla fragrans*, l'œuf se divise d'abord selon une cloison transversale qui sépare une cellule apicale *ca* et une cellule basale *cb* (*fig.* 2). A la deuxième génération, la cellule apicale se divise en deux cellules juxtaposées et la cellule basale en deux cellules superposées *m* et *ci* (*fig.* 4) d'où la formation d'une tétrade en T de la catégorie A_2, fila-

(²) J. Lenoble, *Comptes rendus*, 241, 1955, p. 567.

(¹) *Verh. Akad. Amsterdam Natuurk.*, 19, 1879, p. 1-50.
(²) *Plant embryology. Embryogeny of the Spermatophyte*, Chronica Botanica C°, 1950.
(³) *Bot. Gazette*, 108, 1947, p. 449-456.

menteuse. Chaque cellule de la tétrade se divise à son tour : les deux cellules supérieures suivant des parois verticales, normales à la précédente, en quatre cellules-quadrants; la cellule médiane *m* suivant une cloison longitudinale et la cellule inférieure *ci* suivant une paroi transversale en *n* et *n'*. Ainsi se constitue, à la troisième génération, un proembryon octocellulaire à quatre étages, *ca*, *m*, *n* et *n'* (*fig.* 9). Aux divisions suivantes, par segmentation transversale des quadrants, se forment huit octants disposés en deux étages *l* et *l'* (*fig.* 10); les deux éléments juxtaposés en *m* se divisent par des parois méridiennes pour donner quatre cellules circumaxiales (*fig.* 11); les deux éléments inférieurs *n* et *n'* restent indivis, de sorte que, à ce stade, c'est-à-dire à la quatrième génération, le proembryon ne possède que quatorze cellules au lieu de seize. C'est à partir de ce stade qu'apparaît une perte de puissance égale de division dans les parties inférieures du proembryon.

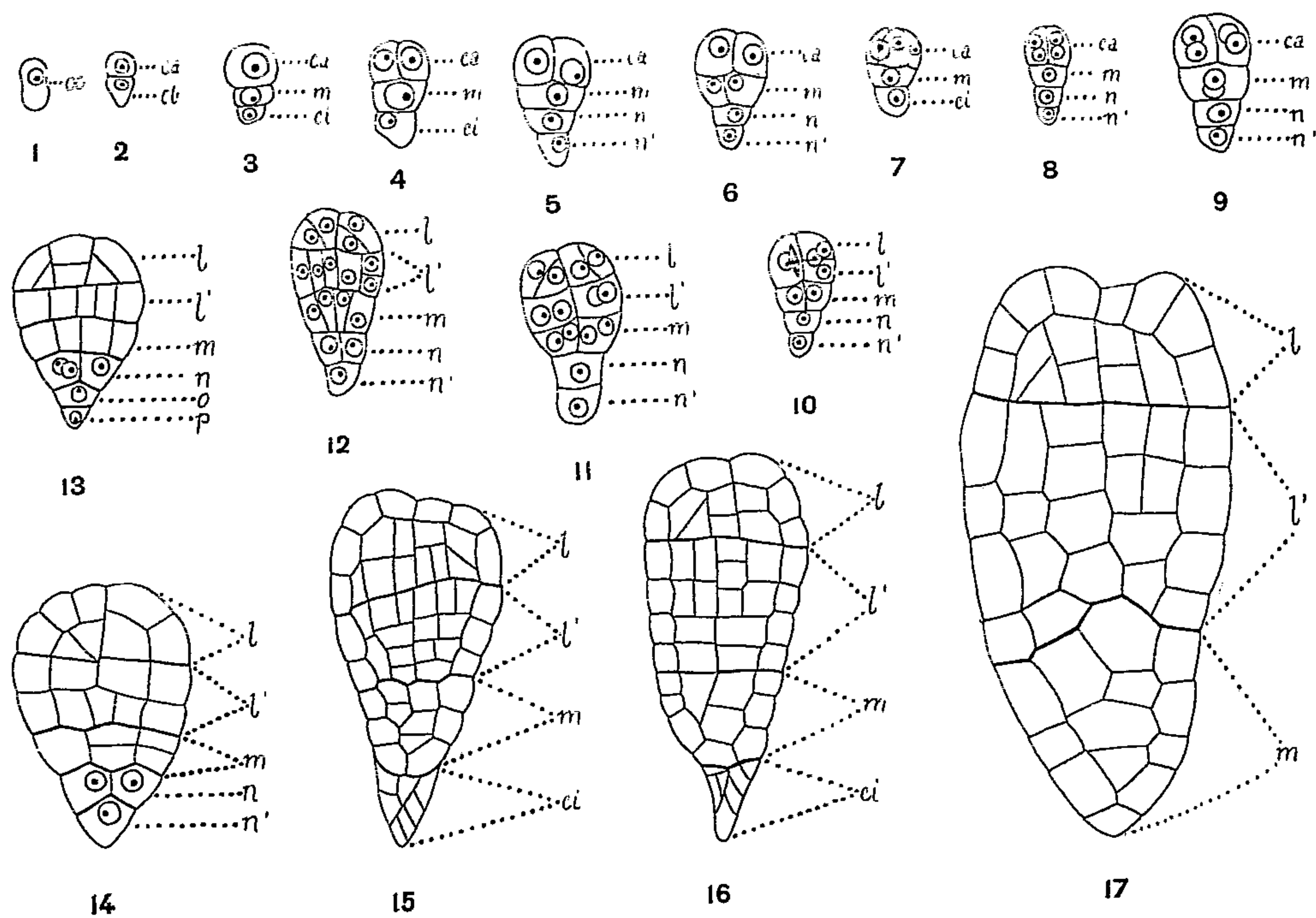


Fig. 1 à 17. — *Vanilla fragrans* Ames. — Les différents stades du développement de l'embryon. — *oo*, oospore; *ca* et *cb*, cellule apicale et cellule basale du proembryon bicellulaire; *m* et *ci*, cellule intermédiaire et cellule inférieure de la tétrade; *l* et *l'*, octants supérieurs et octants inférieurs; *n* et *n'*, cellule-fille supérieure et cellule-fille inférieure de *ci*; *o* et *p*, cellule-fille supérieure et cellule-fille inférieure de *n'*. G. = 265 pour les figures 1 à 14; 100 pour les figures 15 à 17.

Dans les octants supérieurs, *l*, les divisions se montrent quelque peu irrégulières : les cloisons sont tantôt périclines (*fig.* 11 à gauche, 12, 14 à droite), tantôt anticlines à direction généralement verticale (*fig.* 11 à droite, 12 à gauche); dans ce dernier cas, des parois tangentielles se produisent (*fig.* 13, 14), et ainsi les premiers éléments du dermatogène se trouvent isolés dans l'étage *l*. Deux assises sous-épidermiques s'établissent ensuite aux dépens des cellules intérieures (*fig.* 15 à 17). Dans les octants inférieurs, *l'*, les divisions sont d'abord longitudinales (*fig.* 12 et 13) puis transversales (*fig.* 14); il se produit ainsi deux assises qui se dédoublent bientôt pour en donner quatre (*fig.* 15 et 16). Dans la graine mûre, l'embryon ne présente encore que ces quatre assises. Les dimensions des blastomères se trouvent cependant accrues par accumulation de matériel deutoplasmique.

Les cellules de l'étage *m* se cloisonnent à leur tour longitudinalement (*fig.* 12, 13) puis transversalement (*fig.* 14) pour donner un groupe cellulaire qui, à l'intérieur de l'assise périphérique, ne comporte guère plus de trois assises cellulaires.

En général, l'élément *n* se partage en deux cellules juxtaposées et *n'* en deux cellules superposées *o* et *p* (*fig.* 13); les divisions de ces éléments peuvent être variables; parfois *ci* semble se diviser obliquement. Ils engendrent une partie terminale conique qui se résorbe dans les derniers stades.

L'embryon du *Vanilla fragrans*, comme celui de la plupart des Orchidacées, reste, dans la graine, rudimentaire; il ne dépasse pas le stade proembryonnaire; sa symétrie reste purement axiale, on ne peut dire quelles seront les destinées exactes des parties qui le constituent. A cet égard, des essais de germination deviennent nécessaires.

Quoi qu'il en soit, les lois relatives à l'origine, au nombre et à la disposition des blastomères qui le constituent ont pu être dégagées. On peut en tirer que par sa tétrade en A_2, par la construction de l'étage *m* aux dépens de la cellule basale, l'embryon du *V. fragans*se range dans le premier groupe embryogénique et dans la première division du système périodique [4].

PHYSIOLOGIE. — *Maintien prolongé de l'automatisme et respiration de l'oreillette isolée, non perfusée, du cœur de* Scyllium canicula *L.* Note (*) de M. **Boris Rybak**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

Poursuivant mes recherches sur l'automatisme des systèmes contractiles [1], j'ai entrepris d'examiner l'automatisme cardiaque. Le problème de la survie fonctionnelle du cœur isolé des Sélaciens a été l'objet de nombreux débats [2], [3], [4], [5] mais il n'a pas été résolu de façon satisfaisante : dans tous les milieux proposés et que j'ai essayés, sans perfusion, le ventricule de Roussette s'arrête après quelques minutes et l'oreillette ne poursuit pas ses battements au-delà de 50-75 mn à 25° C. J'ai obtenu de bons résultats avec la solution de H. Führer [6] et de meilleurs encore avec une solution que j'ai constituée de la façon suivante (solution A) : NaCl 18 g; KCl 0,1 g; $CaCl_2$ anhydre 0,2 g; $NaHCO^3$ 0,2 g; urée 25 g;

(4) R. Souèges, *Les lois du développement*, Paris, 1937; *Embryogénie et classification*, Paris, 1937; *Année biologique*, 28, 1952, p. 9-45.

(*) Séance du 31 octobre 1955.

(1) B. Rybak, *Recherches sur la biologie des spermatozoïdes d'Oursins*, *Thèse*, Paris, 1954; résumé in *Ann. biol.*, 31, fasc. 7-8, 1955, p. 547.

(2) S. Baglioni, *Centralbl. f. Physiol.*, 19, 1905, p. 385.

(3) R. Tigerstedt, *Die Physiologie des Kreislaufes*, Berlin et Leipzig, 1921-1923.

(4) L. Fredericq, *Arch. int. Physiol.*, 19, 1922, p. 253.

(5) H. W. Smith, *Biol. Rev.*, 11, 1936, p. 49.

(6) *Z. allg. Physiol.*, 8, 1908, p. 485.

glucose 4 g (par litre d'eau bidistillée). Mais j'ai reconnu que la composition chimique du milieu de survie n'était pas seule en cause; *il faut soumettre le récipient à une agitation rythmique pour maintenir l'automatisme.* D'ailleurs, même dans ces conditions, le ventricule cesse rapidement de se contracter; c'est pourquoi il convient d'éliminer ce « poids mort » et l'oreillette isolée, non perfusée, peut se contracter régulièrement pendant 8 h à 25° C. Ces exigences considérées, l'appareil de Warburg se trouve remarquablement adapté au problème puisqu'il permet à la fois d'entretenir une cadence donnée d'agitation et de mesurer différents métabolismes liés à l'automatisme auriculaire et notamment la respiration.

Techniques. — La Roussette de sexe et de poids connus est anesthésiée dans de l'eau de mer additionnée d'éther sulfurique, puis, à l'air, on met le cœur à nu par ouverture de la cavité péricardique. Le cœur est excisé après que le rythme de ses battements s'est stabilisé et a été noté: on coupe pour cela simultanément les veines au ras du péricarde, puis l'aorte, et le cœur est immédiatement placé dans une dizaine de centimètres cubes de solution A de façon à permettre au sang de s'éliminer; il est bon de passer la préparation dans un second bain de solution A après que la majeure partie du sang s'est éliminée par l'aorte et l'on attend que le ventricule s'arrête (5-10 mn). On épingle alors le cœur par son ventricule sur de la paraffine immergée dans de la solution A (couvercle de boîte de Petri) et, d'un seul mouvement à l'aide de ciseaux bien tranchants, on sectionne le canal auriculo-ventriculaire. Si l'opération a été bien faite, l'oreillette convenablement dépliée bat régulièrement et complètement : en la saisissant par le sinus veineux on l'introduit dans la fiole du manomètre de Warburg et au cours de l'expérience *on entretient comme rythme d'agitation des manomètres celui du rythme cardiaque* in situ (habituellement 72 oscillations doubles par minute avec un déplacement des fioles de 6 cm dans le thermostat). Les valeurs de consommation d'oxygène sont rapportées au phosphore total [dosage selon la technique de M. Machebœuf et J. Delsal ([7])] que je dénomme elliptiquement *phosphore contractile.* J'insiste sur le fait qu'on ne saurait dire si la dépression manométrique lue et correspondant à la fixation du CO_2 rend compte uniquement du phénomène respiratoire ou si ce dégagement gazeux est dû en partie au métabolisme acidifiant de l'oreillette qui déplace CO_2 du bicarbonate de la solution. En première approximation je compterai tout le CO_2 comme respiratoire.

Résultats. — La courbe 1 (Roussettes ♀ pesant chacune 290 g poids frais) représente la consommation d'oxygène de deux oreillettes respirant simultanément ($\neq$ 170 μg P contractile; $\theta = 25°$ C); le rythme de

([7]) *Bull. Soc. Chim. biol.*, 25, 1943, p. 116.

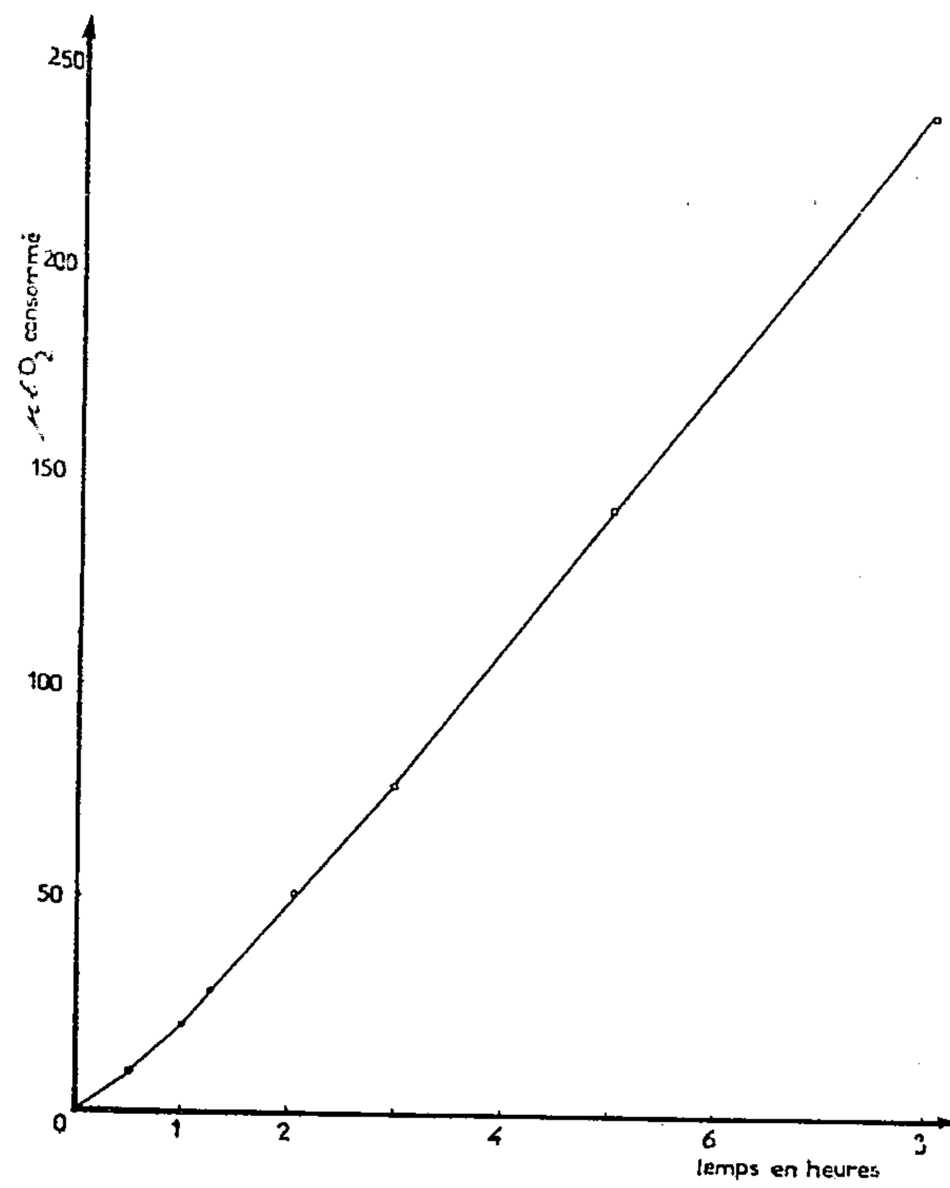

250
200
150
100
50
0
μl O₂ consommé
1
2
4
6
temps en heures

Fig. 1.

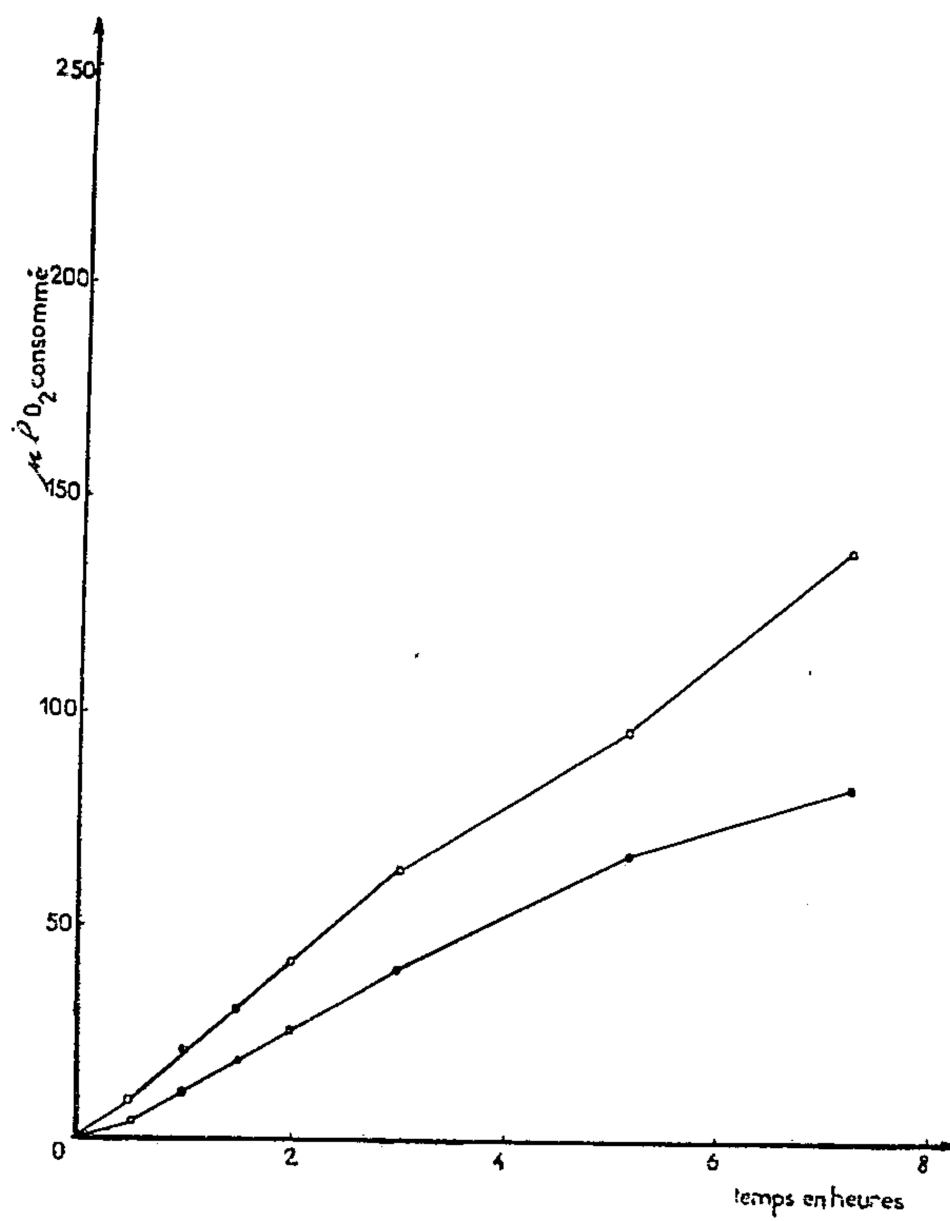

250
200
150
100
50
0
μl O₂ consommé
2
4
6
8
temps en heures

Fig. 2.

chaque oreillette est resté égal à 60 battements/mn pendant 8 h, il était encore — pour une oreillette — de 33 battements/mn à la 12e heure, mais la contraction n'intéressait plus qu'une faible partie de l'oreillette.

La courbe 2 (Roussettes ♀ dont le poids frais est de 290 g — tracé o — et 248 g — tracé • — respectivement) montre la respiration, à 25° C, d'une oreillette fonctionnelle (tracé o; de 80 à 92 battements/mn du temps zéro à la fin de l'expérience; 92 μg P contractile) et d'une oreillette rendue inerte par pression sur le tissu auriculaire à l'aide de pinces après section auriculo-ventriculaire (tracé •; 95 μg P contractile). On voit que : 1° l'oreillette non-fonctionnelle n'est pas morte pour autant; 2° la différence entre les valeurs respiratoires des oreillettes fonctionnelle et inerte exprime la quantité d'oxygène nécessaire à l'automatisme auriculaire, elle est approximativement de 0,1 μl O_2/μg P contractile pour la première heure.

PSYCHOPHYSIOLOGIE. — *Étude du conditionnement électrocortical son-lumière chez le Lapin.* Note (*) de Mme **Catherine Popov**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

Nous présentons ici l'étude électrocorticographique du conditionnement son-lumière chez le Lapin. Une étude directe des réactions de l'aire striée chez l'animal est susceptible en effet d'élucider certains points insuffisamment éclaircis par la méthode électroencéphalographique, au cours de nos expériences sur le conditionnement chez l'Homme.

Méthode. — Nous avons choisi trois Lapins en vue d'une expérience de longue durée. Chaque Lapin a été soumis à une série de cinq à sept séances comprenant chacune 18 à 26 expériences. La stimulation lumineuse (deux éclats lumineux) était donnée par une lampe de 100 W placée à 80 cm. Pour la stimulation sonore, nous avons choisi le son modéré d'une flûte. Le Lapin maintenu dans un appareil de contention, était placé dans une chambre noire, isolée de la pièce où se trouvaient l'appareil et l'expérimentateur par une troisième pièce. Les électrodes étaient placées selon la méthode de Nicolas A. Popov [1].

Observations faites sur le Lapin. — 1° Au cours des stimulations lumineuses, la première réponse bien exprimée apparaît après un certain nombre de stimulations successives sous forme d'un groupe d'ondes de grande amplitude apparaissant simultanément à la stimulation donnée. Des groupes d'ondes semblables à celui-ci réapparaissent régulièrement après la cessation de la stimulation, au nombre de 5 à 8 et même plus pendant quelques minutes.

(*) Séance du 7 novembre 1955.

(1) *Études électroencéphalographiques du problème des réflexes conditionnés*, I, II, III et IV (*L'Année Psychologique*, 1946-1950).

La réapparition de ces groupes représente un phénomène général déjà signalé par nous (²) que nous avons nommé *propriété répétitive du cerveau.*

2° La première apparition du foyer d'excitation supplémentaire (F) qui confirme la possibilité de formation d'un conditionnement, a été observée chez le Lapin n° 64 après 20 stimulations combinées; chez le Lapin n° 65 après 49, et chez le Lapin n° 66 après 38 stimulations combinées (*fig.* 1), alors que chez l'Homme normal, on constate l'apparition de ce foyer dès la deuxième stimulation combinée (³), (⁴).

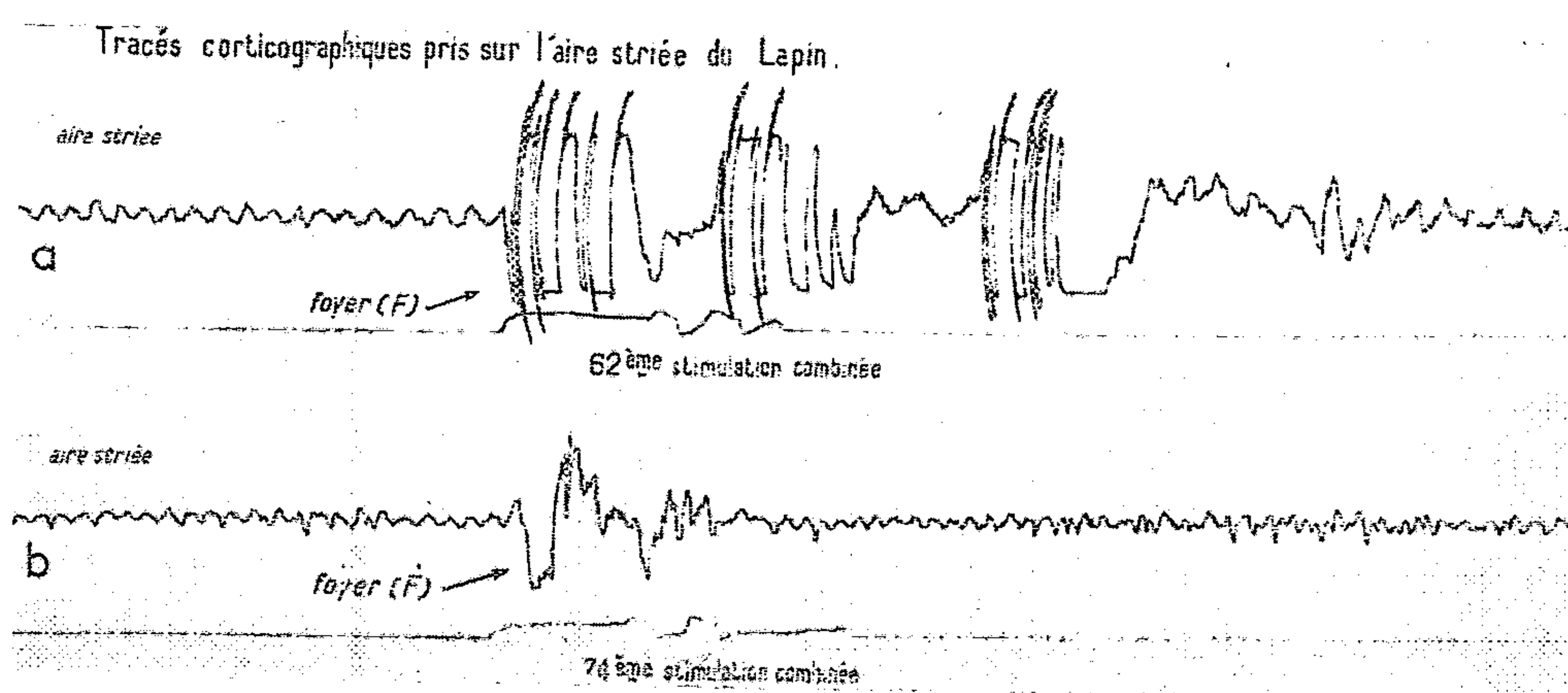


Fig. 1. — Expérience du 15 décembre 1954.
Aspect du foyer d'excitation supplémentaire (F) à la 62e et à la 74e stimulation combinée.

3° Une fois formé, ce foyer n'est pas stable. Il disparaît rapidement par répétition du stimulus conditionné et peut également disparaître de lui-même.

4° Le stimulus conditionné — son donné seul — provoque souvent, au moment de son action, une excitation nettement moins intense que celle de la stimulation combinée précédente.

5° Par contre, les groupes d'oscillations caractéristiques se répètent après le stimulus conditionné, de façon très nette, en tout 5 à 8 fois ou même davantage pendant quelques minutes (*fig.* 2). Ceci confirme encore que la théorie classique des réflexes conditionnés suivant laquelle le conditionnement se développerait uniquement au moment des stimulations ne peut être désormais maintenue.

(²) Mme C. Popov, *Comptes rendus*, 241, 1955, p. 249.

(³) Mme C. Popov, *Contribution à l'étude du mécanisme d'élaboration des connexions corticales, dans le conditionnement électroencéphalographique son-lumière chez l'Homme*, octobre 1955.

(⁴) Mme C. Popov, *Comptes rendus*, 240, 1954, p. 1268.

6° Nous n'avons pas observé, chez le Lapin, de retard dans l'apparition des groupes d'oscillations consécutifs conditionnés. Nous les obtenons, en effet, dès la première épreuve du son conditionné. Ces groupes se révèlent très stables et, une fois apparus, ne disparaissent pas facilement.

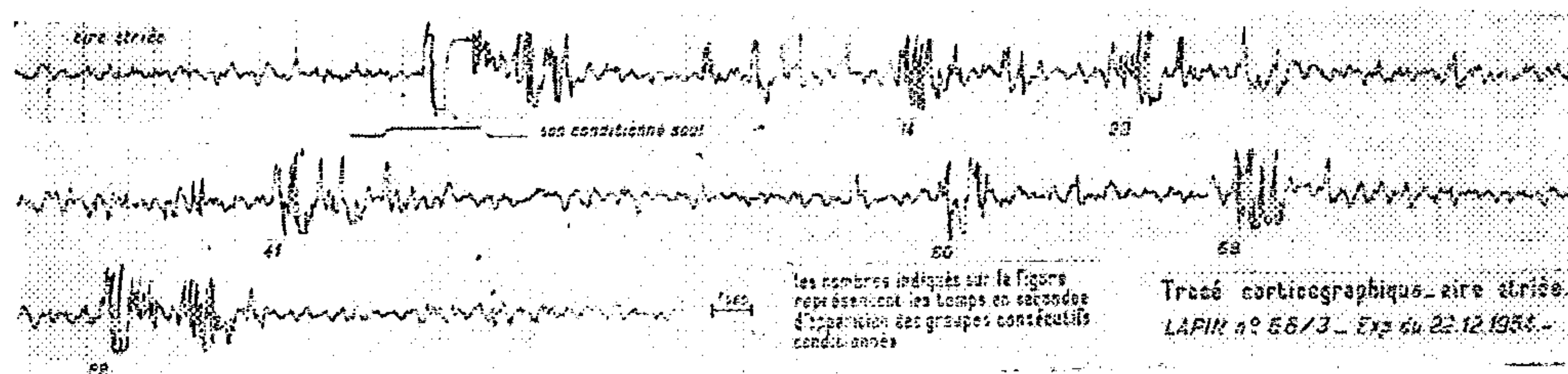


Fig. 2.

Conclusions. — Prenant en considération les difficultés que présente l'étude de l'aire striée et la complexité même du problème traitant des relations entre deux zones corticales, nous ne prétendons pas que nos expériences résolvent toutes les questions soulevées par ce conditionnement. Cela mérite une étude plus poussée.

Cependant, les observations rapportées ci-dessus nous permettent de conclure que chez l'animal le conditionnement électrocortical *son-lumière* se différencie par certains points du conditionnement *défensif au son* (1).

Notons également que le conditionnement étudié ici se différencie du conditionnement EEG son-lumière chez l'Homme où entre en jeu l'interprétation personnelle du sujet, chaque fois que sa participation est nécessaire à l'enregistrement.

De plus, en étudiant la période qui suit la stimulation lumineuse, il paraît évident que le moment d'apparition des groupes d'ondes sur les tracés électrocorticographiques de l'aire striée du Lapin, correspond à celui de l'apparition des images consécutives dans l'expérience chez l'Homme.

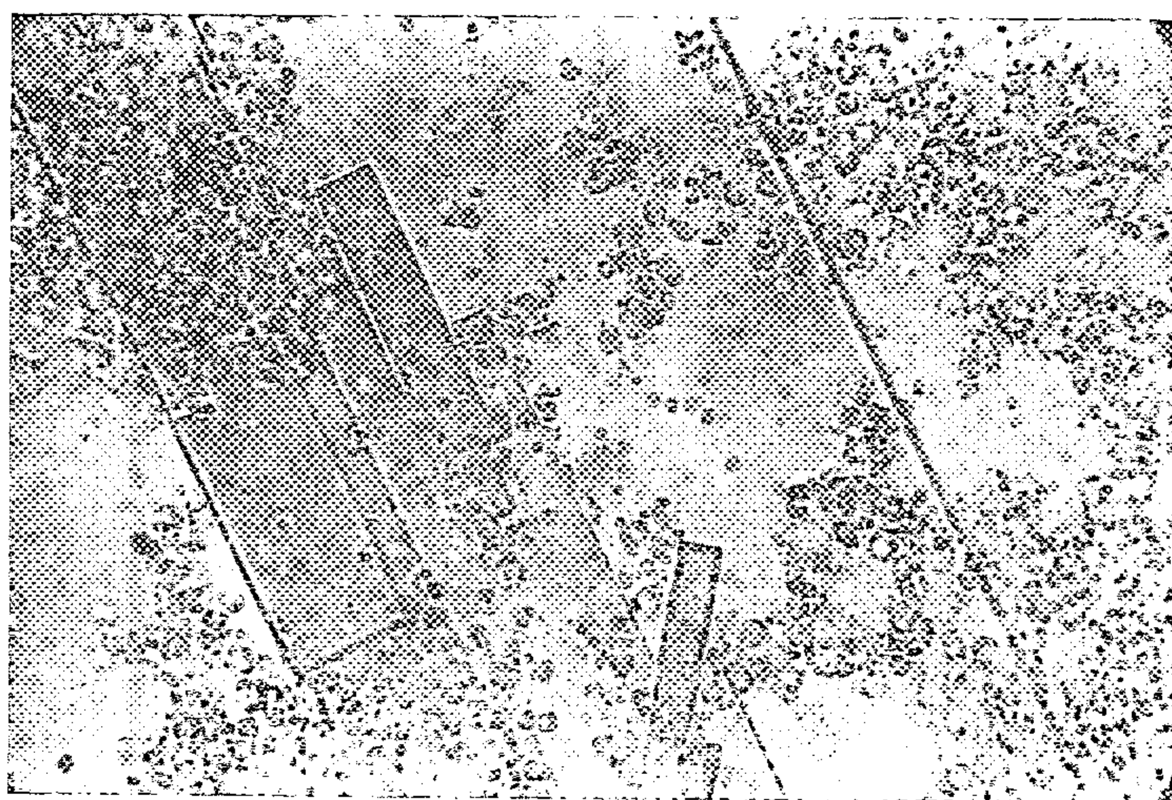
ENTOMOLOGIE BIOLOGIQUE. — *Cristallisation biologique de l'hémoglobine dans le sang ingéré par divers Diptères hématophages.* Note de M. **François Pick**, présentée par M. Émile Roubaud.

Chez divers représentants de Diptères hématophages, appartenant aux genres *Culex*, *Aëdes*, *Anopheles*, *Glossina*, a été observée une cristallisation spécifique de l'hémoglobine du sang ingéré, permettant l'identification de celui-ci.

Nous avons fait connaître précédemment l'existence d'une cristallisation biologique de l'hémoglobine dans le sang ingéré par divers Réduvidés

hématophages. Le type des cristaux est spécifique et permet d'identifier le sang de l'hôte vertébré.

Chez des spécimens de *Culex* (*sp.?*) capturés à Montevideo (Uruguay) dans des habitations humaines, nous avons, de même, constaté la présence de cristaux d'hémoglobine dans la masse sanguine ingérée par ces arthropodes hématophages (*voir* figure).



Cristallisation de l'hémoglobine du sang de l'Homme, ingéré par un *Culex* du groupe *pipiens*. Le diamètre transversal de l'ensemble des cristaux accolés dans la moitié gauche de la reproduction microphotographique est de 159 µ. La délimitation rectangulaire de ces cristaux rappelle la configuration des cristaux rencontrés chez des Réduvidés hématophages ayant exploité l'Homme sain.

En mettant en expérience, d'une part, des exemplaires neufs de cobayes, comme animaux donneurs et, d'autre part, des spécimens d'*Aëdes ægypti* [1] ainsi que d'*Anopheles stephensi* [1] comme arthropodes receveurs, nous avons constaté chez ces derniers la présence d'une cristallisation dans le liquide ingéré, qui met en évidence les tétraèdres spécifiques de l'hémoglobine du cobaye.

Chez *Glossina palpalis* [1], nous avons pu faire une observation analogue à celle faite en 1907 par F. Stuhlmann [2] portant sur la cristallisation de l'hémoglobine du sang d'un cobaye chez *Glossina fusca* et *Gl. tachinoïdes*, phénomène constaté, même avant 1907, par É. Roubaud [3] chez *Gl. palpalis*.

Ainsi, de même que chez les Réduvidés hémophages, chez les Diptères piqueurs des genres *Glossina*, *Anopheles*, *Culex* et *Aëdes*, la cristallisation

---

(1) Spécimens provenant de l'élevage de É. Roubaud.

(2) *Arb. Kaiserl. Gesundheitsamte*, 26, 1907, p. 301.

(3) Communication personnelle.

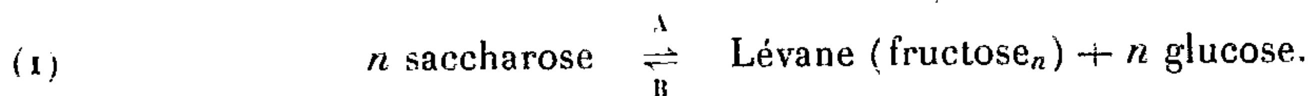
spécifique de l'hémoglobine du sang ingéré peut-elle servir pour la détermination de l'origine d'un sang ingéré.

La répercussion des états pathologiques de l'Homme ou de l'Animal sur le mode de cristallisation de l'hémoglobine, dans le sang ingéré par ces mêmes arthropodes hématophages (*Glossina*, *Anopheles*, *Culex*, *Aëdes*) est à l'étude.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Mécanisme d'action de la lévane-sucrase de* Bacillus subtilis. I. *Réversibilité de la réaction enzymatique; synthèse du saccharose.* Note de MM. **Claude Péaud-Lenoël** et **Raymond Dedonder**, présentée par M. Maurice Lemoigne.

Nous avons pu montrer que la réaction catalysée par la lévane-sucrase était réversible et pouvait conduire à la synthèse du saccharose, à partir de lévane et de D-glucose : le saccharose formé a été isolé. Le calcul de la constante d'équilibre de la réaction permet de chiffrer l'énergie de la liaison fructofuranosyl-2.6-fructofuranose dans la lévane à 4 500 cal environ.

L'activité de la lévane-sucrase sur le saccharose se traduit par la réaction (1) dans le sens A :



$$(1) \qquad n \text{ saccharose } \underset{B}{\overset{A}{\rightleftharpoons}} \text{ Lévane (fructose}_n) + n \text{ glucose.}$$

Cependant l'inhibition de type compétitif (1) de la réaction 1 A par certains oses, en particulier par le glucose, laissait penser à la possibilité de la réaction inverse 1 B.

En déplaçant l'équilibre de la réaction (1) dans le sens B par addition d'invertase, M. Doudoroff et R. O'Neal (2) ont pu établir une présomption de réversibilité, bien que les conditions expérimentales n'aient pas permis l'isolement du saccharose formé.

Nous avons repris ce problème dans l'espoir d'obtenir des renseignements complémentaires sur l'énergétique de la réaction de synthèse de la lévane et sur le mécanisme de l'action de l'enzyme.

La lévane-sucrase est préparée à partir du milieu de culture de *Bacillus subtilis* (3). L'enzyme est purifié 23 fois par centrifugation à haute vitesse et précipitation fractionnée par le sulfate d'ammonium, entre 80 et 85 % de la saturation.

On pose : 1 unité d'enzyme = activité libérant 1 μmol de glucose par

---

(1) S. Hestrin et S. Avineri-Shapiro. *Biochem. J.*, 38, 1944, p. 2.
(2) *J. Biol. Chem.*, 159, 1945, p. 585.
(3) Souche BG 2 F 1, Collection de Mlle B. Delaporte.

minute, à 37°, pH 6,5, en présence d'un excès de saccharose et de glucose-oxydase détruisant continuellement le glucose formé.

La lévane utilisée comme substrat dans nos expériences a été préparée par hydrolyse acide partielle et fractionnement à l'alcool de la lévane brute produite par la même souche de *B. subtilis*; son poids moléculaire est de 5 000 environ.

L'analyse des glucides est faite par chromatographie sur papier, et révélation, soit par le phtalate acide d'aniline et l'urée chlorhydrique (4), soit par le chlorure de triphényl-tétrazolium (TTC), suivant K. Wallenfels (5). L'élution des taches non révélées a permis le dosage du produit formé après réaction, suivant une modification de la méthode de Roë (6), ou, après hydrolyse par l'invertase, suivant la méthode de Wallenfels au TTC.

On met en incubation à 37°, en présence de chloroforme, les produits suivants : lévane 1,0 g, D-glucose 1,0 g, enzyme 4,60 unités (376 μg N), en solution dans du tampon de phosphate 5.10^{-3} M, pH 6,5. A partir de 3 h d'incubation on observe sur le chromatogramme la présence d'une tache dont le Rf est celui du saccharose témoin. Cette tache n'a pas de pouvoir réducteur car elle ne se révèle pas par le TTC, elle devient réductrice après action de l'invertase.

Le produit correspondant à cette tache est alors séparé des autres glucides en réaction, et élué par de l'alcool à 5 % sur une colonne de charbon-celite, suivant la technique de R. L. Whistler et D. F. Durso (7). Après concentration et cristallisation, on obtient 19 mg de cristaux blancs dont l'analyse donne les résultats du tableau.

Réaction.	Produit élué.	Saccharose témoin.	
$[\alpha]_D^{18^\circ}$	64°±5 %	66°	Exprimés en pour cent du produit
Pouvoir réducteur avant hydrolyse	3,5	0	
» » après hydrolyse	106	105	Id.
Glucose (par la glucose-oxydase)	54,1	53,0	Id.
Fructose (par la méthode de Roë)	56,8	54,2	Id.
Réaction de Raybin	Positive	Positive	(*)

(*) Réaction avec le diazo-uracile en milieu alcalin : coloration verte spécifique du saccharose (8).

Le produit isolé est donc bien du saccharose.

La réaction tend vers un équilibre atteint au bout de 18 h; on a alors 65 mg de saccharose formé dans 10 ml de milieu. En première

(4) R. Dedonder, *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 34, 1952, p. 144.

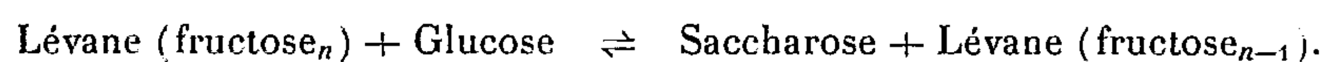
(5) *Naturwiss.*, 37, 1950, p. 491.

(6) Cole, Hanes, Jackson et Lougham, Méthode non publiée, communication personnelle du Docteur D. J. Bell.

(7) *J. Amer. Chem. Soc.*, 72, 1950, p. 677.

(8) H. Raybin, *J. Amer. Chem. Soc.*, 59, 1937, p. 1402.

approximation, on peut écrire la réaction conduisant à la synthèse du saccharose :



$$\text{Lévane (fructose}_n) + \text{Glucose} \rightleftharpoons \text{Saccharose} + \text{Lévane (fructose}_{n-1}).$$

$$\text{A l'équilibre, } K = \frac{[\text{Saccharose}]}{[\text{Glucose}]} = 0{,}07.$$

En posant, selon M. Doudoroff (9) et W. Z. Hassid (10), l'énergie de liaison diosidique du saccharose égale à 6 570 cal, on obtient pour l'énergie de liaison fructofuranosyl-2.6-fructofuranose de la lévane utilisée, la valeur 4 500 cal à 37°.

PHARMACODYNAMIE. — *Répartition du* $^{113}_{50}$Sn *après administration au Chien de tétra-amyl-étain marqué.* Note de MM. **Fernand Caujolle, Michel Lesbre, André Bru**, Mlle **Denise Meynier** et Mme **Yvette Bru**, présentée par M. Léon Binet.

Suivant la technique déjà indiquée (1), la répartition de l'étain chez le Chien chloralosé a été étudiée après administration de tétra-amyl-étain marqué par le radioisotope $^{113}_{50}$Sn. Le tétra-amyl-étain marqué avait été obtenu (avec entraîneur) par la méthode de Krause et von Grosse.

Immédiatement après l'injection intraveineuse de tétra-amyl-étain marqué, la concentration en étain du sang total subit une chute brusque, bientôt suivie d'une reprise : tout se passe comme si le stannane était capté par un organe immédiatement fixateur, qui le relarguerait ensuite; le même processus s'observe après injection de tétra-éthyl-étain marqué.

1° *Localisation.* — La répartition de l'étain favorise, discrètement du moins au cours de l'intoxication aiguë, le système nerveux central, les glandes endocrines et le muscle cardiaque. Mais la fixation la plus intense se réalise au niveau du poumon, qui atteint des concentrations stanniques bien supérieures à celles du foie et du rein, pôles habituels de localisation des toxiques. La fixation pulmonaire du tétra-amyl-étain est bien plus intense que celle de son homologue inférieur le tétra-éthyl-étain, ce qui est en harmonie avec l'allongement des radicaux substituants (1).

2° *Élimination.* — L'élimination urinaire et fécale est négligeable. Par contre le mucus trachéal et la bave interviennent notablement dans l'excrétion de l'étain injecté. L'élimination pulmonaire primitive en nature se réalise :

(9) *J. Biol. Chem.*, 151, 1943, p. 351.

(10) In *A Symposium on Phosphorus Metabolism* (*J. Hopkins Press*, Baltimore, U.S.A., 1, 1951, p. 24).

(1) F. Caujolle, M. Lesbre, A. Bru, D. Meynier et Y. Bru, *Comptes rendus*, 240, 1955, p. 1829.

l'haleine des chiens injectés présente l'odeur particulière caractéristique de l'amyl-stannane.

Les données analytiques relevées sont réunies dans le tableau ci-dessous (²).

Répartition de l'étain $^{113}_{50}Sn$ *en milligrammes pour* 100 g *d'organes ou d'excreta frais.*

Chien	331.	332.	346.	353.
Quantités injectées en mM/kg	0,60.	0,50.	0,40.	0,0025.
Survie	1 h 23 m.	1 h 40 m.	2 h 10 m.	3 j.
Hémisphères cérébraux	4,9	0,2	0,1	0,05
Cervelet	7,8	0,8	0,1	0,05
Bulbe	9,7	1,0	0,0	0,05
Moëlle épinière	5,6	1,0	0,0	0,0
Hypophyse	2,6	0,4	–	0,0
Poumons	329,0	301,0	166,8	9,5
Foie	4,9	3,8	3,2	0,7
Reins	24,3	4,6	1,2	0,7
Pancréas	3,0	0,7	0,4	0,2
Glandes sous-maxillaires	1,5	0,4	10,7	0,15
» parotides	1,0	0,3	0,1	0,1
» sublingales	1,0	0,3	0,1	0,1
Rate	6,0	2,4	1,6	0,6
Thyroïde	7,0	1,0	0,1	0,1
Surrénales	7,3	2,3	0,8	0,15
Testicules	–	–	0,25	0,0
Ovaires	2,7	0,4	–	–
Oreillettes	21,0	0,7	0,5	0,1
Ventricules	10,9	1,6	0,8	0,1
Muqueuse lingale	–	–	0,1	–
Muscles de la langue	0,1	0,6	0,0	0,0
Diaphragme	–	–	–	–
Muscles des membres	0,2	0,1	0,2	0,2
Os	0,1	0,4	0,3	0,0
Moëlle d'os long	–	0,8	0,2	0,2
Graisse	0,2	0,8	0,2	0,5
Peau tondue	1,5	1,2	0,4	0,2
Poils	–	0,9	–	–
Sang total prélevé à la mort	0,6	1,4	0,8	0,3
Liquide pleural	3,0	–	–	–
» céphalorachidien	0,0	0,0	0,1	0,2
Mucus trachéal et bave	100,0	48,2	10,0	–
Urines (conc. max. observée)	0,1	0,3	1,7	0,05
Fécès intestin grêle	2,0	0,8	0,2	0,0
» gros intestin	0,0	0,1	0,1	0,0
Bile vésiculaire	20,0	1,1	0,9	0,0
Contenu gastrique	0,0	0,0	0,0	0,0

(²) D. MEYNIER, Thèse de doctorat ès Sciences naturelles, Toulouse, 1955.

MÉDECINE. — *Action curative du para-aminobenzène-sulfamido-isopropylthiodiazol dans le diabète sucré humain.* Note de M. **Auguste Loubatières**, présentée par M. Léon Binet.

Dans une Communication récente à l'Académie des Sciences (1), ainsi qu'au cours des séances du Premier Congrès de l'Association des Diabétologues de Langue française (2), nous avons donné les derniers résultats concernant notre expérimentation animale sur l'action hypoglycémiante et antidiabétique du para-aminobenzène-sulfamido-isopropylthiodiazol (PASI).

La présente Note est destinée à rapporter les effets de cette substance dans trois cas de diabète sucré humain.

Il s'agissait de trois femmes diabétiques âgées de 60 ans en moyenne, pesant 60 kg, toutes ayant subi un traitement récent par l'insuline que nous avons supprimé. Après avoir établi, pendant une période d'observation en l'absence de tout traitement insulinique, les caractères respectifs de leur diabète et les tests cliniques classiques (hyperglycémie et hypoglycémies provoquées, test de Himsworth, etc.), ces trois sujets ont été soumis à un traitement par le PASI d'une durée moyenne de cinq jours. La dose administrée était de 0,15 g/kg, *per os* et par jour, répartie en six prises journalières.

Dès le début du traitement, la glycémie et la glycosurie ont diminué, et ces diminutions se sont poursuivies pendant les cinq jours. Le taux de sulfamidémie maximum a été de 350 mg/l en moyenne.

Après cinq jours de traitement, la dose de PASI administrée a été réduite de moitié, puis supprimée.

Après cessation de l'administration de la drogue, et en l'absence de toute injection d'insuline, une de nos malades est restée aglycosurique. Dans les deux autres cas, la glycosurie persistante représentait environ le dixième de l'élimination glucosée urinaire avant le traitement.

L'état général de ces malades s'est considérablement amélioré et les courbes montrent que, même les deux malades qui sont encore légèrement glycosuriques paraissent évoluer d'une manière favorable.

Dans tous les cas, le PASI a été bien toléré et son élimination urinaire a été satisfaisante (80 à 100 % de la quantité de sulfamide administrée).

---

(1) A. Loubatières, P. Bouyard et Chr. Fruteau de Laclos, *Comptes rendus*, 241, 1955, p. 515.

(2) A. Loubatières, P. Bouyard et Chr. Fruteau de Laclos, *Première Réunion de l'Assoc. des Diabétologues de Langue Française*, Vals-les-Bains, 25-27 septembre 1955 (sous presse).

Nous ne savons pas quel sera le devenir du diabète sucré chez ces malades, mais nos expériences de Physiologie et de Pharmacodynamie appliquées montrent que le para-aminobenzène-sulfamido-isopropylthiodiazol est doué, chez l'Homme diabétique comme chez l'animal rendu diabétique expérimentalement, d'action hypoglycémiante et antidiabétique.

A 16 h l'Académie se forme en Comité secret.

COMITÉ SECRET.

La Section d'Astronomie, par l'organe de son doyen, présente la liste suivante de candidats à la place vacante par le décès de M. *Jean Chazy*.

En première ligne	M. **Fernand Baldet.**
En deuxième ligne, ex-æquo *et par ordre alphabétique*	MM. **Jean Coulomb.** **Georges Darmois.**
En troisième ligne, ex-æquo *et par ordre alphabétique*	MM. **Daniel Chalonge.** **André Lallemand.** **Nicolas Stoyko.**

Les titres de ces candidats sont discutés.

L'élection aura lieu en la prochaine séance.

La séance est levée à 17 h.

L. B.

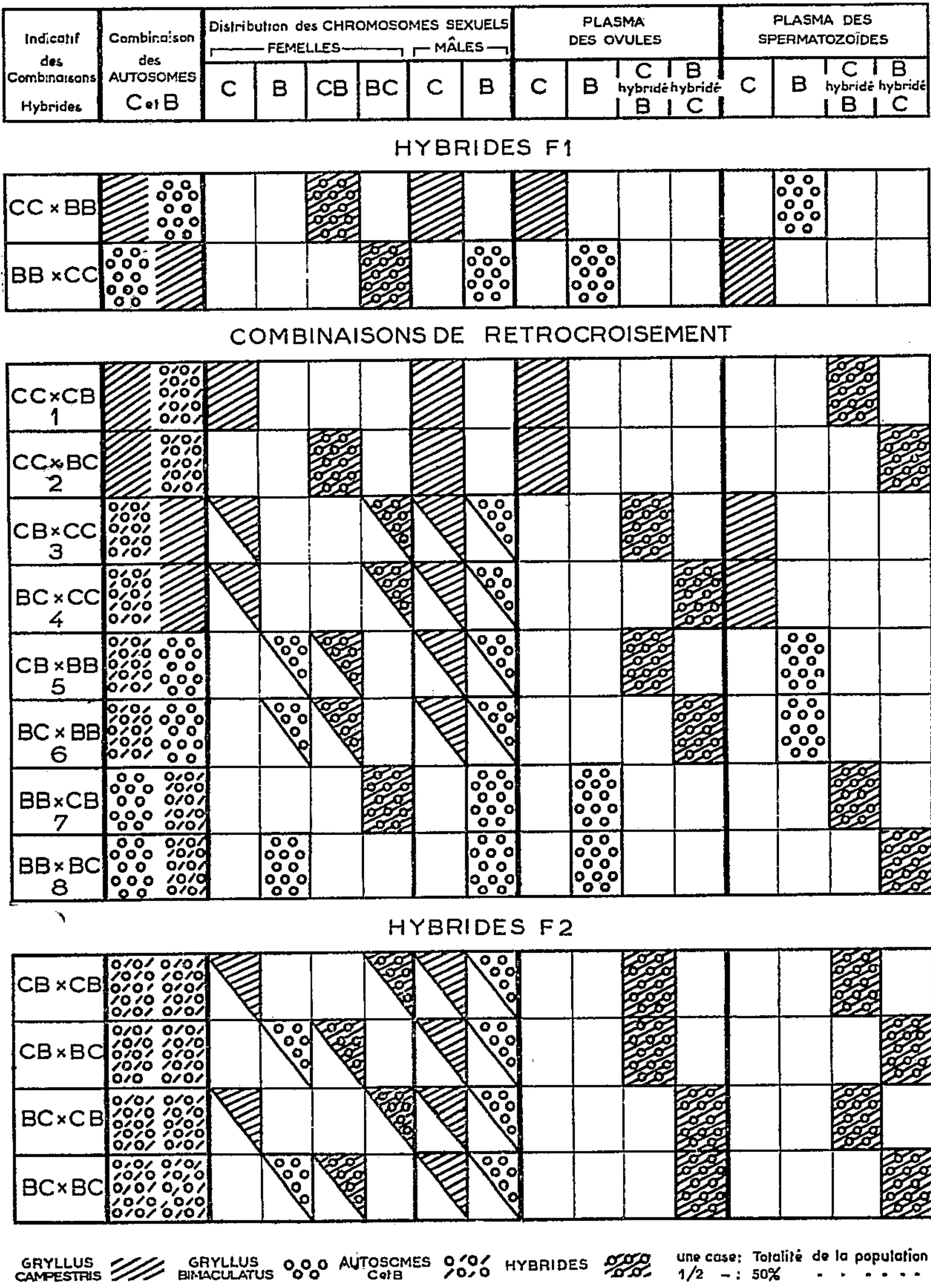
ERRATA.

(*Comptes rendus* du 24 octobre 1955.)

Note présentée le même jour, de Mlle *Germaine Cousin*, Sur la fertilité et le schéma des assemblages génétiques des combinaisons hybrides obtenues des

croisements entre deux espèces du genre *Gryllus : G. campestris* L. *G. bimaculatus* de Geer :

Page 1180, au tableau accompagnant la Note *substituer* le tableau ci-dessous :



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 21 NOVEMBRE 1955.

PRÉSIDENCE DE M. LOUIS FAGE.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. **Jacques Hadamard** signale à l'Académie la présence de MM. **André Kolmogoroff**, Professeur à l'Université et Membre de l'Académie des sciences de Moscou, et **Simon Stoïlow**, Professeur à l'Université et Membre de l'Académie des sciences de Bucarest. M. le Président leur souhaite la bienvenue et les invite à prendre part à la séance.

Notice nécrologique sur Eugène Delporte,
Correspondant pour la Section d'Astronomie, par M. **Gaston Fayet**,

Eugène Delporte a accompli toute sa carrière astronomique à l'Observatoire royal de Belgique, à Uccle, où il a débuté en 1903 immédiatement après la soutenance de sa thèse de Doctorat.

Astronome-adjoint en 1909, puis astronome titulaire en 1925, il devint directeur, en 1936, à la mort de notre regretté correspondant Paul Stroobant.

Delporte s'est tout de suite distingué par des qualités exceptionnelles d'observateur. Attaché d'abord au service méridien, il y a effectué, de 1903 à 1919, un nombre considérable d'excellentes observations qui ont permis la formation de deux catalogues très importants contenant plus de 6 000 étoiles de repère pour plusieurs zones de la Carte Photographique du Ciel. En outre, pendant cette même période, il a dirigé l'installation complète puis le fonctionnement du service de l'heure de l'Observatoire d'Uccle, service qui est encore l'un des mieux organisés en Europe.

Chargé ensuite du service des équatoriaux, Delporte a obtenu, à l'instrument de Cook, de nombreuses mesures précises de comètes et d'étoiles doubles. En même temps il assurait la direction du Service international des Télégrammes astronomiques.

Lorsque, après la guerre de 1914-1918, l'Observatoire royal de Belgique

obtint, au titre des prestations fournies par l'Allemagne, un grand astrographe double Zeiss (identique à celui qui a été attribué à notre Observatoire de Nice), Delporte procéda à l'installation de cet appareil et, depuis lors jusqu'au moment de sa retraite, notre Collègue n'a cessé de poursuivre, avec ce puissant instrument, des recherches et mesures photographiques intéressant principalement les petites planètes. Le nombre des astres nouveaux dont on lui doit la découverte dépasse 200. Parmi ceux-ci je dois citer tout particulièrement les astéroïdes Amor et Adonis qui présentent la particularité remarquable d'être ceux qui peuvent s'approcher le plus de la Terre.

Découvert en 1932, Amor est caractérisé, en outre, par ce fait qu'après trois révolutions complètes, soit presque exactement huit années, ses oppositions périhéliques (les seules favorables à l'observation) se reproduisent.

La recherche photographique de cet astre, lors du retour prévu pour 1940, s'avérait particulièrement difficile à cause de l'extrême faiblesse de l'objet (18ᵉ magnitude) et aussi en raison de la grande incertitude des éléments de l'orbite provisoire.

Grâce à sa persévérance et surtout à son habileté professionnelle, Delporte réussit à reconnaître la trace de l'astéroïde sur un cliché du 14 mars 1940 puis à obtenir, par la suite, une série d'autres clichés s'échelonnant sur plus de trois mois, ce qui a permis le calcul d'une orbite précise. Il est permis d'espérer que l'utilisation des mesures de cette intéressante petite planète pourra permettre, dans des oppositions favorables, une détermination précise de la parallaxe solaire.

En 1941, notre Confrère a découvert une nouvelle comète.

Delporte a accompli de nombreuses missions; je me contente de rappeler sa part active lors des deux déterminations de différence de longitude entre les observatoires d'Uccle et de Paris, en 1911 et en 1920. On lui doit de nombreux mémoires touchant le problème de l'heure et la détermination des orbites.

Chargé, par l'Union Astronomique internationale, d'élaborer un travail d'ensemble relatif à la délimitation définitive des constellations, Delporte a publié, d'autre part, des travaux fort appréciés se rapportant à la bibliographie astronomique.

Pendant une longue période il a exercé, à l'Union Astronomique internationale, la présidence de la Commission des petites planètes.

Nommé Correspondant du Bureau des Longitudes en 1937, il est devenu, en 1947, notre Correspondant pour la section d'Astronomie.

Atteint par la limite d'âge et promu à l'honorariat, il y a déjà plusieurs années, notre regretté Collègue n'a jamais cessé, malgré cela, de participer

à l'activité scientifique de son observatoire et c'est à sa table de travail qu'une crise cardiaque l'a terrassé le 19 octobre dernier.

Avec ce grand ami de notre pays, disparaît l'un des astronomes les plus compétents en ce qui concerne l'astronomie de position et toutes les questions intéressant les petites planètes.

Au nom de l'Académie j'adresse, à M[me] Delporte et à sa famille, l'expression de notre profonde et respectueuse sympathie.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Isomères de rubrènes, colorés mais non rubréniques, satellites des rubrènes méthoxylés.* Note (*) de MM. **Charles Dufraisse, André Étienne** et **Jaime Valls.**

Il est montré pour la première fois, que la réaction rubrénique peut fournir, dans le cas de cinq séries d'alcools triphénylpropargyliques *p*-méthoxylés, à côté des rubrènes attendus, des isomères colorés en surnombre. Leur étude préliminaire a cependant permis d'établir qu'ils ne possèdent pas la structure tétraarylnaphtacénique des rubrènes.

Ainsi que nous l'avons signalé (1), la « réaction rubrénique » appliquée aux dérivés chlorés des cinq alcools triphénylpropargyliques *p*-méthoxylés I à V (2) nous a fourni, à côté des huit tétraphénylnaphtacènes méthoxylés attendus, des isomères supplémentaires : un pour chaque alcool. Ces produits, de couleur rouge violacé, se forment avec des rendements très faibles (allant de traces jusqu'à 4 %); ils ont pu être séparés des rubrènes méthoxylés par chromatographie sur alumine.

L'isolement d'isomères colorés en surnombre, fait observé ici pour la première fois dans l'histoire de la réaction rubrénique, aurait eu comme conséquence immédiate le rejet du schéma centrosymétrique de formation des rubrènes, actuellement admis, reposant sur un grand nombre d'expériences, et qui ne prévoit, en tout et pour tout, dans notre cas, que huit rubrènes méthoxylés distincts. Il était donc impératif de savoir si ces nouveaux isomères étaient, oui ou non, rubréniques.

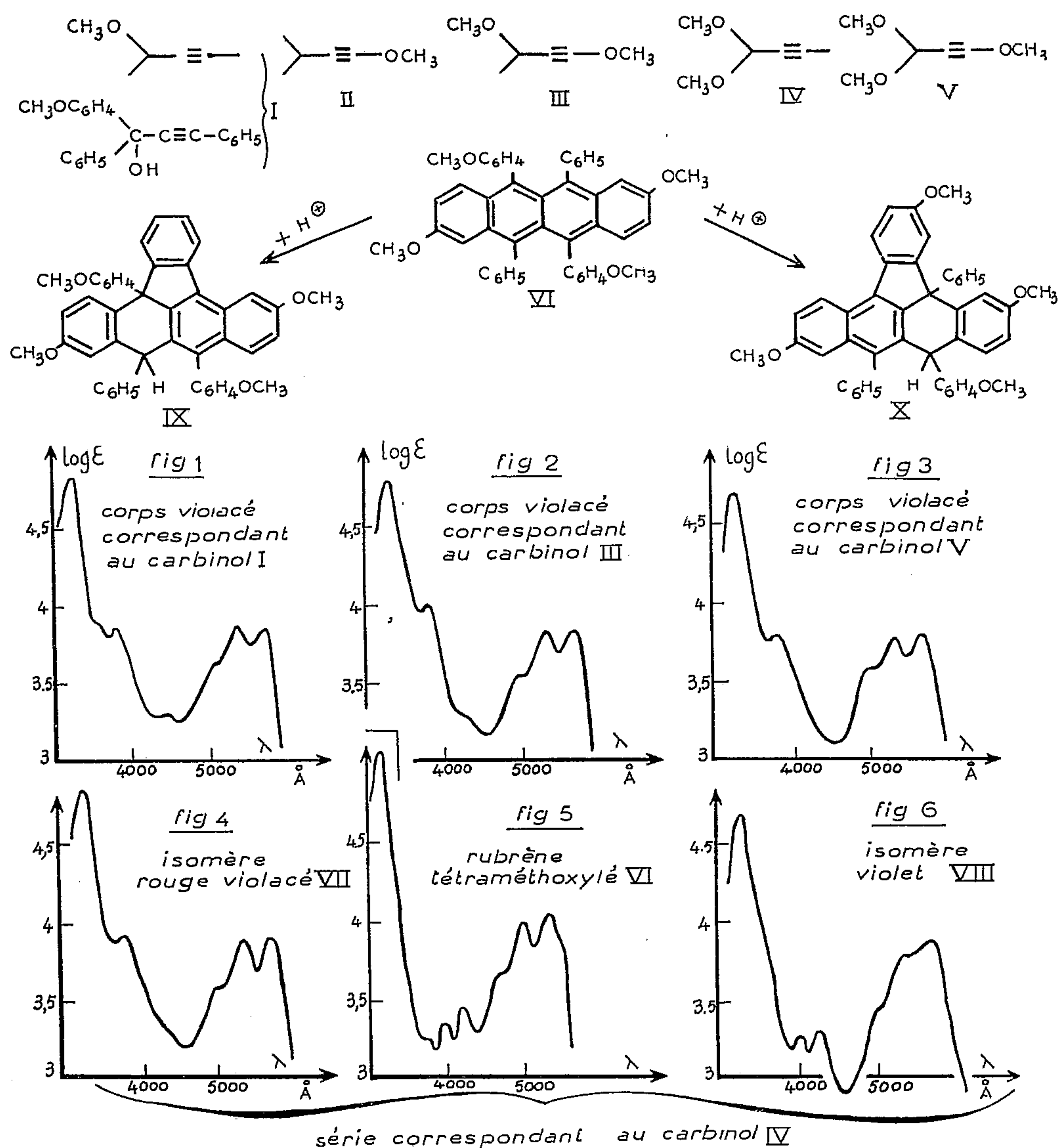
Ces composés répondent aux caractéristiques suivantes : série du (*p*-méthoxyphényl) phényl (phényléthinyl) carbinol, I : un isomère rouge violacé cristallisé $C_{44}H_{32}O_2$, F_{inst} 302°, spectre *fig.* 1; série du diphényl-(*p*-méthoxyphényléthinyl) carbinol II : traces d'une résine rouge violacée; série du (*p*-méthoxyphényl) phényl (*p*-méthoxyphényléthinyl) carbinol, III : résine rouge violacée non cristallisable, spectre *fig.* 2; série du bis (*p*-méthoxyphényl) (phényléthinyl) carbinol, IV : un isomère rouge violacé cristallisé $C_{46}H_{36}O_4$,

(*) Séance du 7 novembre 1955.

(1) C. Dufraisse, A. Étienne et J. Valls, *Comptes rendus*, 239, 1954, p. 1101.

(2) C. Dufraisse, A. Étienne et J. Valls, *Comptes rendus*, 237, 1953, p. 769.

F_{inst} 357°, spectre *fig.* 4; série du bis (*p*-méthoxyphényl) (*p*-méthoxyphényl-éthinyl) carbinol, V : un isomère rouge violacé cristallisé $C_{48}H_{40}O_6$, F_{inst} 250°, spectre *fig.* 3.



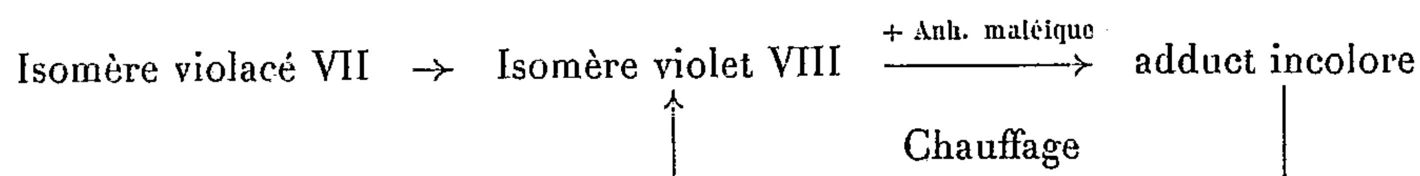
Les spectres d'absorption de ces produits isomères violacés présentent bien, comme ceux des rubrènes, trois bandes dans le visible, mais celles-ci sont fortement décalées vers les grandes longueurs d'ondes (de 400 Å pour la bande fondamentale) dans le cas des isomères violacés. Or, d'après les résultats de l'étude spectrale des rubrènes méthoxylés ([3]), les méthoxyles n'exercent aucun

([3]) C. Dufraisse, A. Étienne et J. Valls, *Comptes rendus*, 240, 1955, p. 2097.

effet bathochrome sensible sur le spectre du rubrène, quelle que soit leur position sur le squelette; d'autre part, on sait, par les nombreux rubrènes déjà décrits, que le chromophore rubrénique est, de façon plus générale, assez peu sensible à l'influence des substituants qu'il porte. La couleur et les spectres sont donc un premier indice formel que la structure n'est pas celle d'un rubrène avec une autre répartition des substituants sur le squelette.

Afin de préciser ce point, nous avons effectué une étude détaillée des produits issus de la série la plus accessible, celle de l'alcool IV, à savoir : le rubrène tétraméthoxylé, $C_{46}H_{36}O_4$, VI, et son isomère violacé VII. Une réaction très caractéristique de la structure mésotétraphénylnaphtacénique du rubrène est la formation de dérivés « pseudos », incolores, par action de l'acide chlorhydrique sec. Elle a été essayée sur le rubrène VI et l'a effectivement transformé en les deux pseudorubrènes isomères, $C_{46}H_{36}O_4$, IX et X, prévus théoriquement [4] [l'un fond instantanément à 276-277°, l'autre, peu abondant, est encore à l'étude]. Par contre, l'action de ClH sec sur l'isomère violacé VII suit un tout autre cours et fournit un autre isomère, $C_{46}H_{36}O_4$, F_{inst} 315-316°, qui, au lieu d'être incolore comme les pseudorubrènes, est violet franc, VIII (*fig.* 6). Ce nouveau corps a une teinte peu éloignée de celle de l'isomère violacé initial mais son spectre est très différent (*fig.* 6); il est très sensible à la lumière, qui le transforme en composé cristallisé incolore. Les isomères rouge violacé sont, eux aussi, tant en solution que cristallisés, très sensibles à la lumière, sous l'influence de laquelle ils fournissent une résine incolore, qui n'a pu être cristallisée.

Enfin une troisième propriété de l'isomère violacé VII le différencie profondément du rubrène VI. Alors que celui-ci et les autres rubrènes, ne réagissent pas avec l'anhydride maléique à froid, l'isomère violacé VII au contraire réagit facilement en donnant un dérivé incolore, probablement par addition diénique. Cet adduct se dissocie par simple chauffage en donnant, non pas l'isomère violacé VII de départ, mais le produit violet VIII. Comme, d'autre part, ce dernier réagit également avec l'anhydride maléique pour donner le même adduct incolore que VII, on est conduit à admettre que l'isomère violacé VII est transformé au préalable en produit violet VIII par l'anhydride maléique avant de s'unir à lui :



Il ressort de cette comparaison portant sur trois des propriétés des rubrènes méthoxylés et de leurs isomères violacés, que ceux-ci ne se comportent en rien comme des rubrènes normaux, et qu'ils doivent posséder une structure profon-

(4) C. DUFRAISSE et G. AMIARD, *Comptes rendus*, 220, 1945, p. 695.

dément modifiée par rapport à celles des rubrènes. Cette structure ne peut être encore précisée; sans exclure le type naphtacénique, nous penserions plutôt à un agencement bisisoindénylidénique.

Quoi qu'il en soit, ce travail nous permet d'affirmer que ces nouveaux isomères violacés en surnombre ne sont pas des rubrènes méthoxylés. Ainsi tombe l'objection que des rubrènes en surnombre auraient opposée au mécanisme centrosymétrique admis pour le doublement caractéristique de la réaction rubrénique.

CYTOLOGIE. — *L'ultrastructure de la spermatide de l'Escargot* (Helix pomatia L.) : *chromosomes, enveloppes nucléaires, centrosome*. Note (*) de M. **Pierre-P. Grassé**, Mlle **Nina Carasso** et M. **Pierre Favard**.

L'application de la microscopie électronique à l'étude du spermatozoïde a été entreprise par de nombreux biologistes utilisant à peu près exclusivement la technique des frottis. Elle a fourni d'importants documents concernant, jusqu'ici, la structure du flagelle, mais peu ou même pas du tout celle du noyau et des constituants cytoplasmiques. L'utilisation de coupes ultraminces de spermatides âgées, sur le point d'éliminer leur cytoplasme, chez *Helix pomatia*, nous a fourni de remarquables résultats dont la présente Note résume l'essentiel.

La tête d'un spermatozoïde, étudiée par les techniques cytologiques et à l'aide du microscope optique, présente un aspect massif et une réaction Feulgen positive intense; il est impossible d'y reconnaître les chromosomes. Quelques auteurs, utilisant un matériel exceptionnel, ont vu que la tête du spermatozoïde a une structure hétérogène; par exemple Tuzet et Zuber-Vogeli (1), chez l'Orthoptère *Zonocerus variegatus* parlent de filaments chromatiques; chez les Nématodes, les travaux anciens de Mulsow (1911) (2) sur *Acyracanthus* et de quelques autres sur *Parascaris* ont révélé dans le spermatozoïde aberrant de ces Vers la présence de granules correspondant au nombre haploïde de chromosomes. Dans les spermatozoïdes de conformation habituelle, on ne sait rien sur les chromosomes ni sur leur structure. Le problème a tant d'importance que les généticiens ont essayé de le résoudre par des moyens théoriques (3).

Une série de coupes longitudinales, presque sériées, d'un noyau de spermatide de taille égale ou presque à celle d'une tête de spermatozoïde mûr, étudiée au microscope électronique, nous a révélé les faits que voici :

(*) Séance du 14 novembre 1955.

(1) O. Tuzet et Zuber-Vogeli, *Bull. I. F. A. N.*, Dakar, 15, 1953.

(2) F. Meves, *Ergeb. Anat. Phys.*, 11, 1901; Mulsow, *Zool. Anz.*, 38, 1911.

(3) T. H. Herskowitz et H. J. Muller, *Genetics*, 39, no 6, 1954, p. 836-850.

l'intérieur du noyau est empli de délicats filaments disposés à peu près parallèlement à l'axe longitudinal de l'organite; ils semblent polarisés, à la base du noyau, par le centrosome dont nous parlons plus loin. En effet, à la base, les boucles prennent contact avec la membrane nucléaire alors qu'elles sont libres aux extrémités distales (*fig.* 5). *Ces filaments ne peuvent être que les chromosomes* car la tête de la spermatide ne montre à son intérieur *aucun autre élément* figuré, et ils occupent un tel volume qu'ils ne *laissent aucune place* à d'autres organites.

Ces chromosomes, extrêmement ténus, à leurs extrémités proximales et distales se replient sur eux-mêmes et dessinent des boucles très nettes (*fig.* 4). Nous ne pouvons préciser le nombre réel des filaments car notre série de coupes ne représente pas la totalité du noyau. Sur une même coupe, on en compte environ une soixantaine; un même filament se replie plusieurs fois sur lui-même et est intéressé à différents niveaux par la coupe (*fig.* 4 et 5).

Ces filaments, bien que très près les uns des autres, se voient nettement séparés. Ils ont une épaisseur égale et une même teinte sombre sur toute leur longueur. Ils ne montrent aucune trace de spiralisation.

Nous nous contentons de ces observations, sans émettre d'hypothèse sur la structure intime du chromosome sous cet état.

Dans la spermatide jeune, peu après la deuxième mitose réductionnelle, le microscope optique révèle que les chromosomes deviennent vite longs et filamenteux mais montrent encore sur leur trajet des renflements (chromomères des auteurs). Il est vraisemblable que l'allongement des chromosomes se poursuit au cours de la spermiogenèse pour aboutir aux filaments que nous décrivons ici. Cet allongement, qu'il soit dû à une déspiralisation ou à un allongement réel par modification d'une architecture moléculaire, donne finalement un chromosome qui ressemble à un des chromonemata dont l'ensemble forme, par polyténie, le chromosome géant dans les cellules salivaires d'une larve de Drosophile. Mais le chromonema, dans le noyau salivaire, montre des chromomères, alors que dans le spermatozoïde il a le même diamètre en tous ses points.

La *paroi nucléaire* est complexe; nous y reconnaissons :

1° une *membrane propre*, épaisse, uniformément noire sur les photographies et qui nous paraît simple, contrairement à ce que nous observons dans les noyaux de spermatocytes, où elle est double;

2° un *revêtement grisâtre*, par endroits plus épais que la paroi propre et nettement séparé de celle-ci. Ce revêtement correspond aux tégosomes fusionnés [*cf.* P. Grassé et O. Tuzet (4)]. Dans certaines photographies, on reconnaît le corps d'un ou de plusieurs tégosomes. *Le revêtement tégo-*

(4) *Comptes rendus*, 189, 1929, p. 341.

somique s'étend de la base de la tête jusqu'au tiers antérieur (approximativement), cette partie, étant coiffée par l'*acrosome*, aplati et nettement hétérogène (bandes claires alternant avec des bandes sombres). Nos coupes ne passent ni par le centrosome antérieur, ni par le stéréocil.

Des coupes heureuses nous ont révélé la structure exacte du *centrosome postérieur* qui est enfoncé, comme un coin, dans la base de la tête spermatique (image d'un culot de bouteille). Cette structure est complexe, tout en haut du culot se tient un corps en forme d'olive qui, manifestement correspond au centriole classique et apparaît en noir franc sur les photographies; il occupe le sommet d'un cône à base sphérique, fait d'une matière apparemment moins dense que celle du centriole, grisâtre sur les photographies, et que nous interprétons comme la *sphère archoplasmique* qui a épousé à ce stade la forme de la base de la tête spermatique. Ainsi donc *le centrosome postérieur du spermatozoïde, outre le centriole possède de l'archoplasme, tout comme le centrosome d'une figure mitotique.* Du centriole même partent les dix fibres (neuf périphériques, une centrale) qui constituent l'axe de la queue du spermatozoïde, queue qui possède une structure compliquée que nous décrirons ultérieurement.

Ajoutons que les *mitochondries*, fusionnées en une grosse masse (chondriosphère) se placent à la base de la tête spermatique autour de l'axe flagellaire. Dans les spermatides observées par nous, la chondriosphère est plus grosse que dans les spermatozoïdes mûrs.

LÉGENDES DES FIGURES.

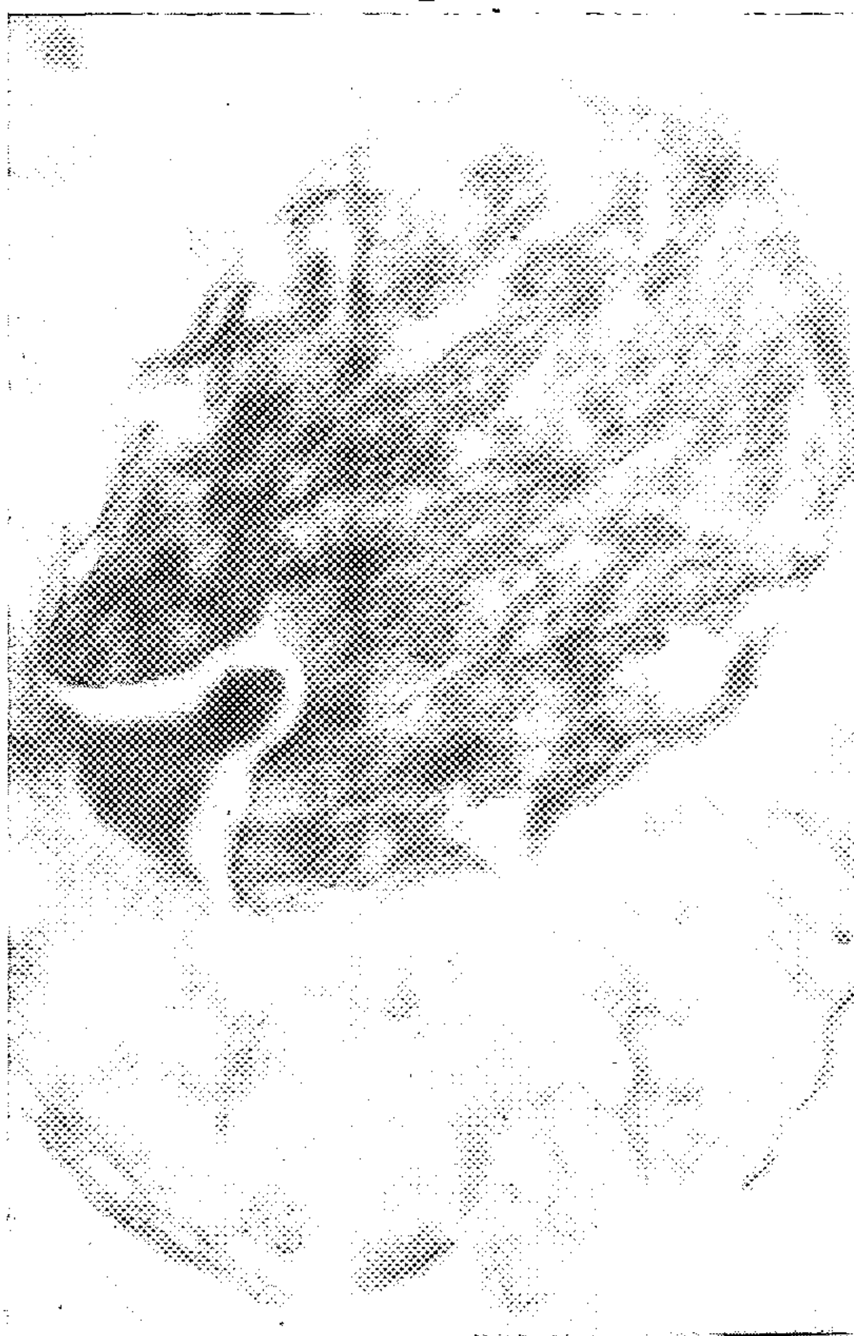
Fig. 1 et 2. — Coupes longitudinales et un peu obliques de spermatides très âgées d'*Helix pomatia*. *Chr*, chromosomes; *Mt*, revêtement tégosomique; *Mp*, membrane propre du noyau; *C*, centriole; *Ar*, archoplasme. Sur la figure 1, à la partie antérieure du noyau, on voit l'acrosome de structure hétérogène (la coupe ne passe pas par le flagelle). Sur la figure 2, on observe le départ des fibres flagellaires à partir du centriole lui-même. *Ch*, chondriosphère. *Fig.* 1, grandissement direct 8 100, gr. photographique 21 500; *fig.* 2, grandissement direct 5 250, photographique 12 500.

Fig. 3. — Détail de la région postérieure de la spermatide représentée par la figure 2, montrant la structure du centrosome et le départ des fibres flagellaires. Grandissement direct 19 500, photographique 60 000.

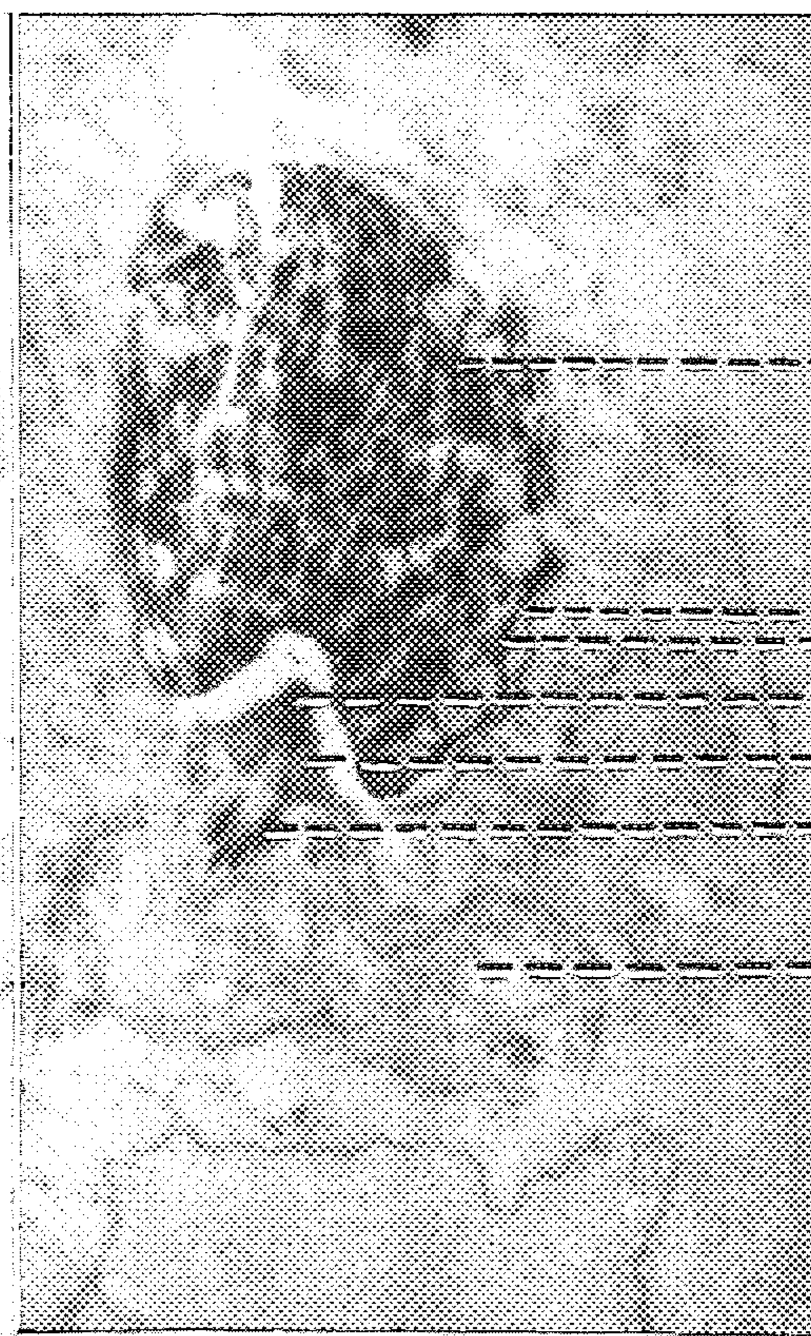
Fig. 4. — Région antérieure du noyau d'une spermatide très âgée montrant les chromosomes filamenteux et les boucles qu'ils donnent à leur extrémité distale. Les points noirs sont dus à des poussières tombées sur la préparation. Grandissement direct 19 500, photographique 54 000.

Fig. 5. — Base du noyau d'une spermatide montrant la polarisation des chromosomes filamenteux, dans leur partie proximale, par le centrosome. Grandissement direct 19 500, photographique 51 000. (Fixation osmique. Photographies obtenues à l'aide du microscope électronique RCA.EMU.3A.)

1



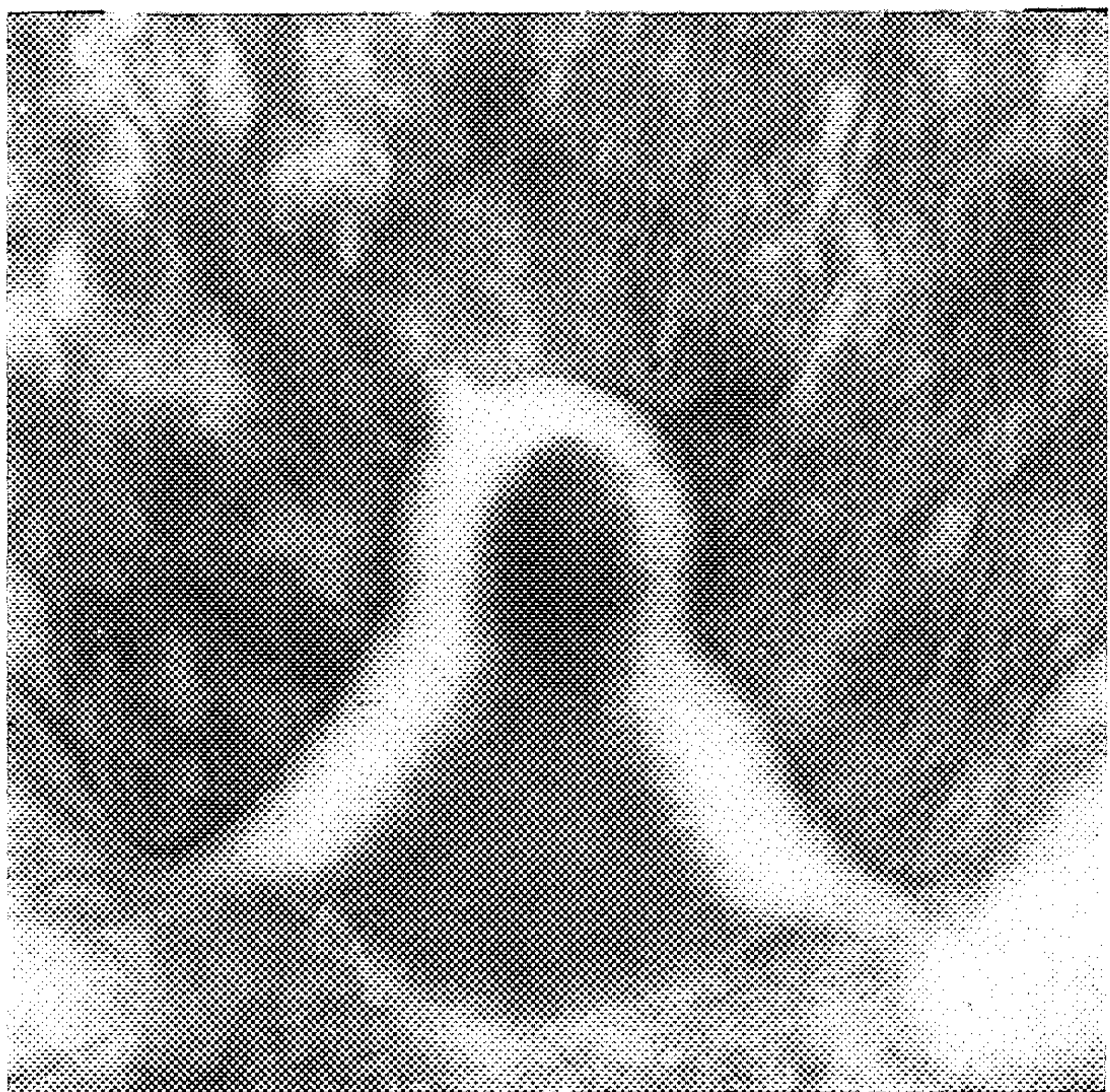
2





3


4


5

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Sur le déterminisme de la symétrie bilatérale de l'embryon des Oiseaux dans l'utérus et le retournement de l'œuf dans cet organe.* Note de M. **Paul Ancel.**

Le retournement de l'œuf dans l'utérus n'a aucune action réelle sur l'orientation du plan de symétrie bilatérale.

Dans les conditions normales, l'œuf intra-utérin des Oiseaux a son petit bout dirigé en avant, mais dans certains cas plus ou moins nombreux suivant les espèces, c'est le gros bout qui est en avant comme l'ont démontré les examens radiographiques chez la Cane et la Pigeonne (Vintemberger et Clavert) ([1]) et la Poule (Ancel et Marca) ([2]). Lorsque l'œuf est arrivé depuis peu de temps dans l'utérus et a son enveloppe déjà partiellement calcifiée, il est encore déformable par pression et il est possible que celle de l'utérus détermine dans certains cas sa forme anormale; il est aussi possible que l'œuf se retourne à un moment quelconque de son séjour dans l'utérus comme l'ont supposé Vintemberger et Clavert et comme ils l'ont réalisé expérimentalement ([3]) chez la Pigeonne. On ne peut cependant pas tirer de ce résultat la conclusion que le déterminisme de la symétrie bilatérale n'est pas réalisé quand l'œuf arrive dans l'utérus parce qu'il faudrait admettre implicitement que le jaune se retourne en même temps que la coquille. Or cette hypothèse est en contradiction avec des faits incontestés observés par divers auteurs et en particulier Conrad et Philipp ([4]). Ces faits ont servi de base à l'exposé de la question du déterminisme de la symétrie bilatérale dans le livre de Lillie-Hamilton ([5]) sur l'évolution de l'œuf de Poule et dans lequel ces auteurs considèrent que le déterminisme de la symétrie se réalise avant l'entrée de l'œuf dans l'utérus.

L'œuf est fécondé dès sa sortie du follicule et d'après Warren et Scott entre dans l'infundibulum 15 mn après sa libération du follicule et le traverse en 18 mn; puis il pénètre dans la première partie de l'oviducte (magnum) dans lequel il chemine en tournant sur lui-même et en s'entourant d'un produit albumineux de sécrétion qui constitue autour de lui un gel homogène qui l'enserre. Le jaune tourne donc avec le blanc dont il est solidaire, puis tandis que l'œuf chemine le gel se transforme progres-

([1]) *C. R. Soc. Biol.*, 148, 1954, p. 1122.
([2]) *Comptes rendus*, 241, 1955, p. 919.
([3]) *Comptes rendus*, 149, 1955, p. 1038.
([4]) *Society Science*, 17, 1938, p. 143.
([5]) Lillie, *Development of the chick, revised by Hamilton*, 3e éd., 1952, Holt and Co.

sivement en sol complètement réalisé quand l'œuf entre dans l'utérus. A ce moment, il n'y a pas encore trace de chalazes comme nous nous en sommes assuré. La rotation de l'œuf continue dans l'utérus comme dans l'oviducte, mais le jaune n'est plus solidaire du blanc qui tourne avec la coquille; les chalazes ovarienne et cloacale se forment et s'enroulent en sens inverse l'une de l'autre comme normalement. La seule modification due au retournement de l'œuf est que la chalaze ovarienne s'insère au gros bout de l'œuf et la cloacale au petit bout, contrairement à la normale On aura donc une apparence d'inversion si l'on commet l'erreur d'examiner à l'envers l'œuf pondu, c'est-à-dire en plaçant à gauche la chalaze cloacale insérée au gros bout de l'œuf.

La conception du déterminisme de la symétrie bilatérale dans l'utérus des Oiseaux, déduite des résultats expérimentaux que nous avons obtenus avec Vintemberger sur le déterminisme de cette symétrie chez les Amphibiens, nous paraît à rejeter pour les trois raisons suivantes :

1° Cette conception est basée sur une confusion entre les chalazes ovarienne et cloacale dans les cas dits d'inversion;

2° Elle ne tient pas compte de la nécessité pour la rotation de symétrisation de ne pouvoir se réaliser que dans l'œuf indivis;

3° Elle oblige à admettre que le retournement de l'œuf dans l'utérus avant la formation des chalazes retourne en même temps le jaune.

L'hypothèse suivante n'est au contraire en opposition avec aucun fait connu : la rotation de l'œuf dans la partie supérieure de l'oviducte oriente la rotation de symétrisation qui détermine le plan de symétrie bilatérale de l'embryon et son axe dorso-ventral et cela non seulement chez les Oiseaux mais aussi dans les autres classes de Vertébrés où la fécondation est interne, Reptiles [6] et Mammifères.

M. **Albert Pérard** s'exprime dans les termes suivants :

Le premier Congrès international de Chronométrie avait eu lieu à Paris, sous la présidence de Philips, en septembre 1889, à l'occasion de l'Exposition internationale de cette année-là; le deuxième, à Paris, dans des conditions analogues, en juillet 1900, sous la présidence de Caspari.

---

[6] Au cours de travaux relatifs à la constitution de collections pour l'Institut d'Embryologie de la Faculté de Médecine de Strasbourg, nous avons eu l'occasion d'examiner avec Vintemberger il y a une vingtaine d'années l'orientation du plan de symétrie bilatérale d'embryons de reptiles dans l'oviducte. Sur 29 œufs examinés, nous avions trouvé ce plan perpendiculaire au grand axe de l'œuf avec des variations inférieures à 45°, 18 œufs de *Lacerta Muralis* (variations de 0 à 40°), 4 œufs de *Lacerta Viridis* (variations de 0 à 10°), 7 œufs de couleuvre (variations de 0 à 45°).

Lors de l'Exposition Universelle de Paris 1937, un troisième Congrès avait été réuni, encore à Paris, sous la présidence de Charles Fabry; mais il intéressait simultanément la Métrologie et la Chronométrie. Et pour célébrer le 25e anniversaire de sa fondation, la Société suisse de Chronométrie avait organisé à Genève, en août 1949, un quatrième Congrès ayant Georges Tiercy comme président.

Le cinquième Congrès international de Chronométrie s'est tenu à Paris, au début d'octobre 1954, sous la présidence de M. René Baillaud, Directeur de l'Observatoire national de Besançon.

De la part de M. René Baillaud, et comme l'un des délégués de l'Académie et présidents d'honneur, je viens présenter à l'Académie le premier des trois Volumes des *Actes* de ce cinquième Congrès. Il groupe toutes les communications qui se rapportent aux Unités de Temps, à la détermination de l'heure, à sa diffusion, à l'étude des fréquences, aux oscillations. Le second volume sera entièrement consacré à la conservation de l'heure, c'est-à-dire à l'horlogerie sous toutes ses formes, qu'il s'agisse de la mesure des intervalles de temps normaux ou des immenses, ou au contraire des infimes intervalles de temps. Quant au troisième, il sera réservé à des problèmes qui intéressent les chronométriers, tout en étant un peu en marge de la mesure du temps proprement dite : matériaux, technologie, normalisation, enseignement technique, histoire.

Nous devons être reconnaissants à M. René Baillaud, ainsi qu'à l'Ingénieur général Paul Libessart, le Secrétaire scientifique du Congrès, de mettre à la disposition de tous ceux qui s'intéressent à la mesure du temps, cet important et si instructif recueil de travaux.

M. le **Secrétaire perpétuel** dépose sur le Bureau de l'Académie la troisième partie, en deux volumes, des *Œuvres complètes d'***Élie Cartan**, publiées avec le concours du Centre national de la recherche scientifique. Volume I : *Divers, géométrie différentielle*. Volume II : *Géométrie différentielle (suite)*.

M. **Henri Humbert** fait hommage à l'Académie, de quatre nouveaux fascicules de la *Flore de Madagascar et des Comores*, publiée sous sa direction et sous les auspices du Haut Commissariat : 1° 36e *famille : Ériocaulacées*, par Harold N. Moldenke; 2° 92e *famille : Pittosporacées*, par G. Cufodontis; 3° 129e *famille : Malvacées*, par B. P. G. Hochreutiner; 130e *famille : Bombacacées*, par Henri Perrier de La Bâthie et B. P. G. Hochreutiner; 4° 181e *famille : Lentibulariacées*, par Henri Perrier de La Bâthie.

L'Ouvrage suivant est présenté par M. **Louis Fage** : Institut Royal des

sciences naturelles de Belgique. *Expédition océanographique belge dans les eaux côtières africaines de l'Atlantique sud* (1948-1949). *Résultats scientifiques*. Volume III. Fascicule 4. *Crustacés décapodes, Pagurides*, par JACQUES FOREST.

ÉLECTIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection d'un Membre de la section d'Astronomie, en remplacement de M. *Jean Chazy*, décédé.

Le nombre des votants étant de 68, le scrutin donne les résultats suivants :

	Nombre de suffrages
M. Georges Darmois............	39
M. Fernand Baldet.............	21
M. Jean Coulomb..............	7
Bulletin nul...................	1

M. **GEORGES DARMOIS**, ayant obtenu la majorité des suffrages, est proclamé élu.

Son élection sera soumise à l'approbation du Gouvernement de la République.

CORRESPONDANCE.

M. le **SECRÉTAIRE PERPÉTUEL** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Current status and recent progress of printed circuits in England*, par PAUL EISLER.

2° Académie des Sciences de l'U. R. S. S. *Otkrytie vosstanovlennoï Poulkovskoï observatorii* (Inauguration de l'Observatoire de Poulkovo).

3° Conselho nacional de pesquisas (Rio de Janeiro). *Boletim*, nos 1, 2.

4° Académie des sciences de Kazakstan. Institut d'astrophysique. *Izvestia astrofizitcheskogo Institouta*. Tom I, (1-2).

5° Académie de la République populaire roumaine : *Studiul citorva proprietati ale lignitilor din R. P. R. si ale semicocsului lor*, par D. BUIMOVICI. *Mecanica fluidelor*, vol. II, par ELIE CARAFOLI et TEODOR OREVEANU. *Despre mobilitatea atomilor de hidrogen*, par I. DÉNES. *Proteinemia*, par S. IAGNOV, FILIP KREINDLER, ILIE COSMULESCU et MARCELA ZAMFIRESCU-GEORGHIU. *Păsările din R. P. R.*, vol. Al III-lea, par D. LINTIA. *Actiunea timusului si a unor substante neurotrope in cancerul experimental*, par C. I. PARHON, I. POTOP, A. BABES, I. PETREA, E. JUVINĂ,

E. FELIX et V. BOERU. *Novocaina*, par C. I. PARHON et ANA ASLAN. *Indrumari practice pentru producerea si colectarea semintelor de ierburi furajere*, par I. RASMERITA. *La science au service du peuple et de l'édification du socialisme*, par TRAIAN SĂVULESCU.

6° *Bibliographie scientifique* de ANTONIO GIÃO.

Il signale également deux fascicules polycopiés de la *Documentation mathématique* publiée sous la direction de PAUL BELGODÈRE : nos 19-29 : *Liste des titres des périodiques régulièrement reçus par la Bibliothèque de l'Institut Henri Poincaré* (*Cabinet du Département des sciences mathématiques*), par MADELEINE ESTÈVE ; n° 30 : *État des périodiques figurant à la Bibliothèque de l'Institut Henri Poincaré rangés, dans chaque pays, par ordre alphabétique des titres*, par MADELEINE ESTÈVE.

HISTOIRE DES SCIENCES. — *Sur le paradoxe de d'Alembert.*

Note de M. **RENÉ DUGAS**, présentée par M. Maurice Roy.

La récente publication (1954) d'un volume des Œuvres complètes d'Euler consacré à l'hydrodynamique a donné à son savant éditeur, C. A. Truesdell, l'occasion d'attribuer à Euler la première rencontre du paradoxe auquel est couramment attaché le nom de d'Alembert. C'est cette thèse que nous nous proposons de discuter ici.

En 1742, B. Robins publie des *New Principles of Gunnery*, dont Euler donne en 1745 une traduction allemande, accompagnée de commentaires très développés et certes plus savants que l'original. En particulier, Euler étudie la force qu'il est nécessaire s'appliquer à un filet fluide pour qu'au voisinage d'un obstacle fixe le filet s'incurve en même temps que sa largeur varie. Ayant déterminé cette force pour un élément du filet, Euler l'intègre, en projection sur la vitesse à l'infini du courant, pour une longueur finie de filet. Il trouve que cette intégrale vaut (1) :

$$2ab\left(1 - \frac{a}{z}\cos\alpha\right)$$

et conclut qu'elle s'annule si, à son extrémité aval, le filet a repris la direction et la largeur qu'il avait à l'amont loin de l'obstacle. Euler ne conclut à la nullité de cette résistance « provenant du choc de l'obstacle contre les particules du fluide » que si celui-ci est infiniment délié, comme l'éther interplanétaire. Pour l'air et l'eau, il explique que, du fait de l'iné-

(1) b, carré de la vitesse du courant à l'infini; a et z, largeur du filet à ses extrémités amont et aval A et M; α, angle de la tangente au filet en M avec la vitesse à l'infini du courant.

galité des pressions à l'avant et à l'arrière du corps, la poussée de la partie concave du filet ne peut balancer la résistance de la partie convexe. En particulier, dans l'air, le mouvement d'un projectile peut être assez rapide pour que l'air ne le suive pas immédiatement, et la résistance s'en trouve accrue, comme l'entendait Robins. Bref, Euler ne conçoit la nullité de la résistance que sous de sérieuses réserves.

En 1752, lorsqu'il publie son *Essai d'une nouvelle théorie de la résistance des fluides*, d'Alembert y cite Robins. Il est difficile de savoir s'il a pris connaissance des commentaires d'Euler. Même si on l'admet, on doit reconnaître qu'il reprend entièrement le problème à la base, en ramenant l'hydrodynamique (à formuler) à l'hydrostatique au sens de Clairaut, exactement comme, en 1743, il avait ramené la dynamique ordinaire à la statique. Cette recherche directe le conduit aux équations de l'hydrodynamique, sous une forme certes moins parfaite que celle qu'Euler devait leur donner. Cette antériorité, soulignée par Lagrange, fait de cet *Essai* un véritable travail de pionnier (²).

D'Alembert observe que si l'obstacle est symétrique, le fluide homogène, indéfini et sans pesanteur, « le corps ne souffrirait aucune pression du fluide, ce qui est contre l'expérience ». Rencontre du paradoxe, qu'il n'ose encore affirmer.

Il y a plus : Euler a bien cherché, dans un *Tentamen theoriæ de frictione fluidorum*, à doter les fluides d'une résistance à la faveur d'un frottement analogue au frottement solide, mais beaucoup plus faible. Cependant, il n'avait pas perdu l'espoir d'expliquer « la vraie résistance » dans le cadre de l'hydrodynamique des fluides parfaits, oubliant ainsi le paradoxe (³). Au contraire, d'Alembert, en 1768, exprime définitivement son scepticisme, en laissant « à éclaircir aux géomètres » le paradoxe qu'il n'avait fait qu'entrevoir en 1752. De fait, l'hydrodynamique deviendra l'étude des échappatoires à la nullité de la résistance.

Pour cela, et tout en notant que le paradoxe n'est qu'un des éléments des efforts parallèles d'Euler et de d'Alembert dans la création de l'hydrodynamique, nous pensons que c'est à juste titre que l'on peut continuer à lui attacher le nom de d'Alembert (⁴).

(²) *Voir* notre étude sur d'Alembert et l'Essai d'une nouvelle théorie de la résistance des fluides, *Bulletin de la Société française des mécaniciens*, octobre 1952, p. 6.

(³) *Continuation des recherches sur la théorie du mouvement des fluides*, § 79 (*Mémoires de l'Académie de Berlin*, 1755, p. 316).

(⁴) Ajoutons, car en histoire des sciences une paternité est toujours discutée, qu'Oseen fait remonter le paradoxe jusqu'à Spinoza.

ANALYSE ABSTRAITE. — *Sur l'extension d'une mesure non Archimédienne, simplement additive sur une tribu de Boole simplement additive, à une autre tribu plus étendue. I. Les « bouts » dans une chaîne.* Note de M. **Otton Martin Nikodým** présentée par M. Arnaud Denjoy.

Pour étudier les mesures non Archimédiennes sur les tribus de Boole l'auteur introduit pour les ensembles abstraits linéairement ordonnés A, la notion auxiliaire des « bouts ». Les bouts forment aussi un ensemble linéairement ordonné. Dans le cas où A est un groupe abélien, l'auteur introduit les opérations de l'addition et de multiplication sur les bouts et en étudie les propriétés formelles.

1. La structure d'une tribu peut être explorée avec succès lorsqu'elle admet une mesure non négative et effective (c'est-à-dire, ne s'annulant que pour le zéro de la tribu). Comme une telle mesure, aux valeurs réelles, peut ne pas exister du tout, il semble être à propos d'essayer des mesures dont les valeurs appartiennent à un corps algébrique F non Archimédien et linéairement ordonné. M. L. W. Cohen en a étudié un cas particulier sur une tribu spéciale [1]. Pour traiter le problème indiqué dans le titre, nous aurons besoin des notions auxiliaires suivantes.

2. Une *chaîne* est définie comme une correspondance non vide (M), réflexive, transitive, désignée par $\leqq$ et telle que si $a, b\in M$, on a ou $a\leqq b$ ou bien $b\leqq a$, M désignant le domaine de M. On définit $a=b$ comme $a\leqq b$, $b\leqq a$. Ne considérant que des sous-ensembles non vides E, F de M, définissons : $E\bullet\leqq F$ comme « pour tout $y\in F$ il existe $x\in E$, tel que $x\leqq y$ »; $E\leqq\bullet F$ comme « pour tout $x\in E$ il existe $y\in F$, tel que $x\leqq y$; $E\bullet=F$ comme » $E\bullet\leqq F$, $F\bullet\leqq E$ et, $E=\bullet F$ comme « $E\leqq\bullet F$, $F\leqq\bullet E$ » [2]. Les notions introduites satisfont les conditions usuelles de l'inégalité et d'égalité ordinaire. Par le *bout gauche* $\mathcal{BG}(E)$ de E [*bout droit* $\mathcal{BD}(E)$ de E] nous entendons la classe de tous les A tels que $A\bullet=E$, $[A=\bullet E]$; un tel A s'appelle *représentant du bout*. Les bouts gauches [droites] seront écrits ${}^*\alpha$, ${}^*\beta$, ..., $[\alpha^*, \beta^*, \ldots]$. Définissons : ${}^*\alpha\leqq{}^*\beta$, $[\alpha^*\leqq\beta^*]$ comme $E\bullet\leqq F$, $[E\leqq\bullet F]$ où E, F sont des représentants de ${}^*\alpha$, ${}^*\beta$, $[\alpha^*, \beta^*]$; $\alpha^*\leqq{}^*\beta$ comme « pour tous représentants E, F de α^*, ${}^*\beta$ on a $x\leqq y$ quels que soient $x\in E$, $y\in F$ » et, ${}^*\alpha\leqq\beta^*$ comme » il existe des représentants E, F de ${}^*\alpha$, β^* tels que $x\leqq y$ pour tout $x\in E$ et tout $y\in F$.

La correspondance $\leqq$, définie ci-dessus, organise la classe de tous les bouts en une chaîne. Si E a un minimum a [maximum a], alors l'ensemble (a), composé

---

(1) A paraître dans le *Pacific Journ. of Mathem.*

(2) $E=\bullet F$ coïncide, pour les chaînes, avec « cofinal similarity » de M. J. W. Tukey, *Convergence and Topology*, Princeton, 1940.

de a seulement, est un représentant de $\mathcal{BG}(E)$, $[\mathcal{BD}(E)]$. On écrira a pour désigner ce bout.

3. Supposons que (M) est un groupe abélien, linéairement ordonné, pourvu de multiplicateurs appartenant à un corps algébrique Φ linéairement ordonné. Définissons : ${}^*\alpha + {}^*\beta$ comme $\mathcal{BG}\{a+b/a\in E,\ b\in E\}$ où E, F sont des représentants de ${}^*\alpha$, ${}^*\beta$. Si $\lambda \geqq 0$, définissons $\lambda.{}^*\alpha$ comme $\mathcal{BG}\{\lambda a/a\in E\}$ et, $\alpha^* + \beta^*$, $\lambda\alpha^*$, $(\lambda \geqq 0)$, d'une manière analogue. Définissons, pour $\lambda \leqq 0$, $\lambda.{}^*\alpha$ comme $\mathcal{BD}\{\lambda a/a\in E\}$; $(-{}^*\alpha)$ comme $\mathcal{BD}\{-a/a\in E\}$; ${}^*\alpha - \beta^*$ comme ${}^*\alpha + (-\beta^*)$ et, $\alpha^* - {}^*\beta$ comme $\alpha^* + (-{}^*\beta)$. Toutes ces notions sont invariantes par rapport à la notion d'égalité de bouts.

Les opérations introduites ont beaucoup de propriétés des opérations analogues dans les groupes abéliens linéairement ordonnés. Par exemple, l'addition est commutative et associative, $(\lambda+\mu).{}^*\alpha = \lambda.{}^*\alpha + \mu.{}^*\alpha$, $\lambda.({}^*\alpha + {}^*\beta) = \lambda.{}^*\alpha + \lambda.{}^*\beta$, $\lambda.(\mu.{}^*\alpha) = (\lambda.\mu).{}^*\alpha$, si ${}^*\alpha \leqq {}^*\beta$, $\lambda \geqq 0$ entraînent $\lambda.{}^*\alpha \leqq \lambda.{}^*\beta$, etc. Comme les bouts forment une chaîne, on y peut considérer les bouts de ses sous-ensembles, ce que nous ferons dans des publications qui vont suivre.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur un lemme de représentation conforme.* Note (*) de M. **Robert Gerber**, présentée par M. Joseph Pérès.

Soit D un domaine borné, simplement connexe, d'aire σ, de frontière Γ, situé dans le plan de la variable $z = x + iy$, et soit une application conforme de D sur le demi-plan supérieur $\mathcal{C} = t + i\tau$. On suppose (pour simplifier) que Γ est une courbe de Jordan; soient alors α_1, α_2, α_3, α_4 les images des quatre points t_1, t_2, t_3, t_4 (avec $t_1 < t_2 < t_3 < t_4$) de l'axe réel du plan $\mathcal{C}$. On appelle : r, le rapport anharmonique $[t_3, t_2, t_4, t_1]$, Λ, la plus courte longueur des chemins appartenant à D qui joignent les arcs $\widehat{\alpha_2\alpha_3}$ et $\widehat{\alpha_4\alpha_1}$ de Γ.

En précisant un résultat de M. J. Leray [1], M. J. Kravtchenko [2] a établi le lemme ci-dessous qui constitue le point de départ pour l'étude de la correspondance des frontières dans une représentation conforme [3].

Lemme : On a $\Lambda^2/\sigma \leqq 4\pi \log 1/r$, si $0 \leqq r \leqq 1/2$.

M. R. Huron [4] a amélioré ce résultat en donnant la relation :

$$\frac{\Lambda^2}{\sigma} \leqq \pi \log 1/r, \qquad 0 \leqq r \leqq 1. \tag{1}$$

(*) Séance du 14 novembre 1955.

(1) *Commentarii Mathematici Helvetici*, 8, 1936, p. 173.

(2) *Journal de Mathématiques Pures et Appliquées*, 20, 1947, p. 139-144.

(3) Les conséquences de ce lemme sont développées dans le mémoire précité de M. J. Kravtchenko, p. 145-169.

(4) *Annales de la Faculté des Sciences de Toulouse*, 15, 1951, p. 155-160.

Récemment, J. Jenkins ([5]) a montré que (1) est la conséquence d'un résultat d'Ahlfors et Beurling concernant les invariants conformes.

On se propose d'indiquer ici une démonstration élémentaire et immédiate de (1), reposant encore, pour l'essentiel, sur les raisonnements de M. Leray.

La transformation $w = \log(\mathfrak{T} - t_1)/(t_4 - \mathfrak{T})$ applique le demi-plan supérieur du plan $\mathfrak{T}$ sur la bande : $-\infty < u < \infty$, $0 < v < \pi$ du plan auxiliaire $w = u + iv$. Les images de t_1, t_2, t_3, t_4 sont respectivement les points : $-\infty$, u_2, u_3, ∞ et l'on a :

$$u_3 - u_2 = \log 1/r. \tag{2}$$

Soient : R, le rectangle dont les sommets ont pour affixes : u_2, u_3, $u_3 + i\pi$, $u_2 + i\pi$; σ', l'aire de l'image de R dans le plan z. On a, évidemment : $\sigma' \leqq \sigma$. Soit I (α), la longueur de l'image dans z du segment $u = \alpha$, $0 < v < \pi$, $u_2 < \alpha < u_3$.

Sur une plénitude E de $u_3 - u_2$, $I(\alpha) < \infty$ et de par la définition de Λ, $\Lambda \leqq I(\alpha)$. Pour $\alpha \in E$, l'inégalité de Schwarz permet d'écrire

$$\Lambda^2 \leqq [I(\alpha)]^2 = \left[\int_0^\pi |f'(\alpha + iv)|\, dv\right]^2 \leqq \pi \int_0^\pi |f'(\alpha + iv)|^2\, dv. \tag{3}$$

Mais $\int_0^\pi |f'(\alpha + iv)|^2\, dv$ est intégrable en α et l'on a, d'après (3)

$$\sigma \geqq \sigma' = \int_{u_2}^{u_3} d\alpha \int_0^\pi |f'(\alpha + iv)|^2\, dv \geqq \frac{u_3 - u_2}{\pi} \Lambda^2. \tag{4}$$

De la comparaison de (2) et de (4) résulte l'inégalité (1) à démontrer.

On peut se débarrasser des restrictions concernant Γ et adapter le raisonnement au cas d'un domaine borné plus général. L'idée d'introduire le plan auxiliaire w nous a été inspirée par la lecture du mémoire précité de Jenkins.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur l'existence des valeurs limites de la résultante des fonctions, appartenant à la classe* H_δ, $0 < \delta < 1$, *et encore de certaines autres classes de fonctions analytiques*. Note de M. **Voïn Daïovitch**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

Théorème. — *Soient les fonctions $f(z)$ et $g(z)$ définies par les séries*

$$f(z) = \sum_{\nu=0}^{\infty} a_\nu z^\nu, \qquad g(z) = \sum_{\nu=0}^{\infty} b_\nu z^\nu, \tag{1}$$

$f(z)$ étant une fonction de classe H_δ, $0 < \delta < 1$, et $\sum_{\nu=0}^{\infty} b_\nu z^\nu$ étant une série conver-

([5]) *Journal of London Mathematical Society*, 30, 1955, p. 382-384.

gente dans le cercle-unité, dont la partie réelle peut être représentée par l'intégrale de Poisson-Stieltjes :

$$u(r, \varphi) = \frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} \frac{1 - r^2}{1 - 2r\cos(\theta - \varphi) + r^2}\, dG(\theta), \tag{2}$$

où $G(z)$ *est une fonction à variation bornée pour* $0 \leqq \theta \leqq 2\pi$; *alors la résultante* $F(z)$, *définie dans le cercle-unité par la série*

$$F(z) = \sum_{\nu=0}^{\infty} a_\nu b_\nu z^\nu, \tag{3}$$

a dans presque tous les points $|z| = 1$ *des valeurs limites bien déterminées.*

Démonstration. — La fonction $g(re^{i\varphi}) = u(r, \varphi) + iv(r, \varphi)$ est holomorphe pour $r < 1$ et par suite la série

$$\left\{\begin{aligned} & u(r, \varphi) = \frac{\alpha_0}{2} + \sum_{\nu=1}^{\infty} (\alpha_\nu \cos\nu\varphi - \beta_\nu \sin\nu\varphi) r^\nu, \\ & \alpha_\nu + i\beta_\nu = b_\nu = \frac{1}{\pi r^\nu}\int_0^{2\pi} u(r, \varphi)\, e^{i\nu\varphi}\, d\varphi \qquad (\nu = 0, 1, 2), \end{aligned}\right. \tag{4}$$

converge uniformément pour tous $r < 1$. Puisque

$$f(r\, e^{i(\theta-\varphi)}) = \sum_{\nu=0}^{\infty} a_\nu r^\nu e^{i\nu(\theta-\varphi)},$$

et d'après (4), on peut, pour $r < 1$, écrire

$$\frac{1}{\pi}\int_0^{2\pi} u(r, \varphi) f(r\, e^{i(\theta-\varphi)})\, d\varphi = \alpha_0 a_0 + \sum_{\nu=1}^{\infty} a_\nu b_\nu z^\nu \qquad (z = \rho e^{i\theta},\ \rho = r^2,\ 0 \leqq \rho < 1). \tag{5}$$

Nous allons démontrer que l'intégrale dans l'égalité (5) est bornée. La fonction $f(z)$ de classe H_δ, $\delta > 0$, satisfait à la relation

$$\lim_{r \to 1} \frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} |f(re^{i\varphi})|^\delta\, d\varphi = \frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} |f(e^{i\theta})|^\delta\, d\theta < C \qquad (C = \text{const.}) \tag{6}$$

et $f(z) = B(z)\psi(z)$, $\psi(z)$ étant une fonction de classe H_δ et sans zéros dans le cercle-unité, et $B(z)$ signifiant la fonction de Blaschke. En posant

$$h(z) = |\psi(z)|^{\frac{\delta}{2}}$$

et en tenant compte de (6), on a

$$\frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} h^2(re^{i\varphi})\, d\varphi = \frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} |\psi(re^{i\varphi})|^\delta\, d\varphi < C. \tag{7}$$

La fonction subharmonique $h(z)$, qui satisfait à (7), a dans le cercle-unité une

majorante harmonique $h^*(z)$; on a, comme il est connu

$$\frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} h^2(re^{i\varphi})\,d\varphi \leqq \frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} h^{*2}(re^{i\varphi})\,d\varphi < C.$$

$h^{\frac{1}{\delta}}(z)$, $0<\delta<1$, est aussi une fonction harmonique dans le cercle-unité ayant de même $h^*(z)$ comme la plus petite majorante dans ce cercle, c'est-à-dire $h^{\frac{1}{\delta}}(z) \leqq h^*(z)$. Par suite des relations précédentes et de la propriété de la fonction $B(z)$, pour l'intégrale dans (5) on obtient

$$\frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} |u(r,\varphi)|\, h^{\frac{2}{\delta}}(re^{i\varphi})\,d\varphi \leqq \frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} |u(r,\varphi)|\, h^{*2}(re^{i\varphi})\,d\varphi \qquad (r<1).$$

En représentant $h^*(re^{i\varphi})$ par l'intégrale de Poisson et en tenant compte de l'inégalité de Schwarz, on obtient

$$h^{*2}(re^{i\varphi}) \leqq \frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} h^{*2}(e^{i\theta})\,\frac{1-r^2}{1-2r\cos(\theta-\varphi)+r^2}\,d\theta, \qquad (r<1).$$

De même on a

$$(8)\qquad \frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} |u(r,\varphi)|\, h^{*2}(re^{i\varphi})\,d\varphi \leqq \frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi}\left\{|u(r,\varphi)|\,\frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} h^{*2}(e^{i\theta})\,\frac{1-r^2}{1-2r\cos(\theta-\varphi)+r^2}\,d\theta\right\}d\varphi,$$

où l'intégrale de Poisson-Lebesgue

$$(9)\qquad \frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} h^{*2}(e^{i\theta})\,\frac{1-r^2}{1-2r\cos(\theta-\varphi)+r^2}\,d\theta \leqq \frac{1+r}{1-r}\,\frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} h^{*2}(e^{i\theta})\,d\theta \qquad (r<1).$$

Les fonctions $h^{*2}(re^{i\varphi})$, $r<1$, satisfont pour $0\leqq\varphi\leqq 2\pi$ à l'inégalité de Fatou [1]

$$(10)\qquad \frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} h^{*2}(e^{i\theta})\,d\theta \leqq \frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} h^{*2}(re^{i\varphi})\,d\varphi < C.$$

En utilisant la condition nécessaire et suffisante pour la représentation d'une fonction harmonique dans le cercle-unité par l'intégrale de Poisson-Stieltjes [2]

$$(11)\qquad \frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} |u(r,\varphi)|\,d\varphi \leqq M$$

(M étant une constante indépendante de r), ainsi que les relations (8)-(10), on obtient

$$(12)\qquad \frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} |u(r,\varphi)|\, h^{*2}(re^{i\varphi})\,d\varphi \leqq MC\,\frac{1+r}{1-r}, \qquad (r<1),$$

(1) *Acta math.*, **30**, 1906, p. 375.

(2) G. EVANS, *Comptes rendus*, **177**, 1923, p. 242.

Par conséquent, dans le cercle-unité l'intégrale dans l'égalité (5) est bornée. Donc la fonction $\alpha_0 a_0 + \sum_{\nu=1}^{\infty} a_\nu b_\nu z^\nu$ est bornée dans le cercle-unité ; il s'ensuit que la résultante considérée (3) est aussi bornée dans ce cercle, et la série (3) a le rayon de convergence égal à 1. Donc, étant holomorphe et bornée dans le cercle-unité, la fonction (3) a, d'après un théorème de Fatou (³), presque dans tous les points sur le contour de ce cercle, des valeurs limites radiales bien déterminées.

GÉOMÉTRIE DIFFÉRENTIELLE. — *Sur la semi-involution.* Note de Mlle **Paulette Libermann**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

Après un exposé de la notion de groupe déduit (¹) et d'algèbre de Lie déduite (²) au moyen de la théorie des jets, on démontre la conjecture de E. Cartan : tout groupe linéaire homogène de Lie dont les groupes déduits sont $\neq e$ est semi-involutif. Relations entre les caractères et les dimensions des groupes déduits.

Soit G un groupe de Lie (de dimension p), sous-groupe du groupe linéaire homogène réel L_n ; son algèbre de Lie $L(G)$ est isomorphe à un ensemble M de $n \times n$ matrices b^i_j vérifiant un système d'équations linéaires, homogènes, à coefficients constants, de rang $n^2 - p$ (qui définissent $L(G)$ comme sous-espace vectoriel de $L(L_n)$) :

$$(1) \qquad \sum_{i,j} \rho^{\alpha j}_{i} b^i_j = 0 \qquad (\alpha = 1, \ldots, n^2 - p).$$

L'ensemble M s'identifie canoniquement à un ensemble de jets du premier ordre (non nécessairement inversibles) de R^n dans R^n, de source et de but O (³). Au système (1), associons le système d'équations aux dérivées partielles

$$(1)' \qquad \sum_{i,j} \rho^{\alpha j}_{i} \frac{\partial y^i}{\partial x^j} = 0 \qquad (\alpha = 1, \ldots, n^2 - p)$$

définissant un sous-ensemble Φ de $J^1(R^n, R^n)$; M est alors l'ensemble des jets de φ de source et but O. Le prolongement holonome Φ^1 de Φ est le sous-ensemble de $J^2(R^n, R^n)$ défini par les équations $(1)'$ et :

$$(2)' \qquad \sum_{i,j} \rho^{\alpha j}_{i} \frac{\partial^2 y^i}{\partial x^j \partial x^k} = 0 \qquad (\alpha = 1, \ldots, n^2 - p;\ k = 1, \ldots, n) ;$$

(³) *Acta math.*, 30, 1906, p. 337.

(¹) É. Cartan, *Ann. Sc. de l'Éc. Norm. Sup.*, 1904 et 1909 ; *Œuvres complètes*, p. 571-624 et 857-926.

(²) Y. Matsushima, *Colloq. de Topol. de Strasbourg*, Déc. 1954 (Polycopié).

(³) C. Ehresmann, *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 598.

Φ^1 est appliqué *sur* Φ par la projection canonique j^1 de $J^2(R^n, R^n)$ sur $J^1(R^n, R^n)$ L'image réciproque par j^1 de X_0 (jet identique du premier ordre de source O) dans φ^1 (ou ce qui est équivalent dans le prolongement M^1 de M) est un groupe abélien $G^{(1)}$, sous-groupe de L_{n+p}, qui a été désigné par E. Cartan (¹) *groupe déduit* de G; son algèbre de Lie (qui lui est isomorphe) est l'*algèbre déduite* (²) de L(G). Le groupe $G^{(1)}$ est l'ensemble des jets de L_n^2 dont le représentant polynomial est : $y^j = x^j + \Sigma b^i_{jk} x^j x^k$ avec

$$(2) \qquad \sum_{i,j} \rho^{\alpha i}_j b^i_{jk} = 0 \qquad (\alpha = 1, \ldots, n^2 - p;\ k = 1, \ldots, n)$$

$$(3) \qquad b^i_{jk} = b^i_{kj}$$

On définit par prolongements successifs les groupes déduits $G^{(2)}$, $G^{(s)}$, ..., et les algèbres de Lie déduites $L(G^{(1)})$, $L(G^{(2)})$, ..., $L(G^{(s)})$, ... ; L(G) est dite de *type fini*, de degré r, s'il existe un nombre r tel que $L(G^{(r)}) = 0$, $L(G^{(r-1)}) \neq 0$; L(G) est de type infini dans le cas contraire.

Y. Matsushima (²) a montré que la définition classique de l'involution est équivalente à la suivante : G est dit *involutif* [et alors L(G) est involutive] si et seulement si l'ensemble des relations (2) et (3) n'entraîne pas de nouvelles relations entre les b^i_{jk}. Cette propriété peut s'exprimer encore : le prolongement holonome de Φ est identique à son prolongement non holonome; Φ sera alors dit involutif. G et L(G) sont dits *semi-involutifs* s'il existe un entier k tel que $G^{(k)}$ soit involutif. Comme *tout groupe déduit d'un groupe involutif est involutif* (¹), (²), si L(G) est involutive, elle est semi-involutive et de type infini.

Lorsque l'on résout le système (1)′ par rapport à certaines dérivées, appelées *dérivées principales* du premier ordre [ce qui revient à prendre une base dans L(G)], Φ est involutif si pour le prolongement Φ^1, les dérivées du deuxième ordre qui ne sont pas dérivées des dérivées principales du premier ordre sont indépendantes; si Φ n'est pas involutif, on peut résoudre (2)′ par rapport à certaines de ces dérivées : les dérivées principales d'ordre 2 comprennent alors les dérivées des dérivées principales du premier ordre et un certain nombre d'autres dérivées. De même, le prolongement holonome Φ^k de Φ (obtenu par différentiations totales successives) peut être défini par des équations résolues, les dérivées principales d'ordre s ($s \leq k+1$) étant des combinaisons linéaires à coefficients constants de dérivées de même ordre (ou *dérivées paramétriques*); si $h < k+1$, l'ensemble des équations d'ordre h définissent Φ^{h-1}. Pour que Φ soit involutif, il faut et il suffit que toutes les dérivées principales d'ordre $k+1$ soient des dérivées des dérivées principales d'ordre k.

A toute dérivée $\partial^{\alpha_1+\ldots+\alpha_n} y^j / (\partial x^1)^{\alpha_1} \ldots (\partial x^n)^{\alpha_n}$ associons un monome à n variables $(u_1^{\alpha_1} \ldots u_n^{\alpha_n})_j$, à l'opérateur $\partial/\partial x^l$ correspondant la multiplication par u_l. Aux dérivées principales de Φ^k sont ainsi associés n systèmes de

(⁴) M. JANET, *Leçons sur les Syst. d'Équ. aux Dér. Part.*, Gauthier-Villars, 1929.

monomes (correspondant à $y^1, \ldots, y^n$) tels que si Φ n'est pas involutif, chaque système contienne outre des monomes multiples des précédents certains monomes qui ne sont multiples d'aucun des précédents. Or C. Riquier et M. Janet ont montré ([4]) qu'une suite de monomes à n variables dont aucun n'est multiple des précédents est finie ; donc il existe un entier *fini* r tel que le prolongement $\Phi^q (q \geq r)$ vérifie l'une des conditions suivantes : toutes les dérivées d'ordre $q+1$ sont principales (donc nulles) ou bien toutes les dérivées principales d'ordre $q+1$ sont dérivées des dérivées principales d'ordre q. D'où :

Théorème 1. — *Pour tout groupe de Lie* G, *sous-groupe de* L_n, *l'algèbre de Lie* L(G) *est de type fini ou semi-involutive.*

En raison de la correspondance biunivoque entre les $b^j_{\lambda_1 \ldots \lambda_k}$ antisymétriques par rapport aux indices inférieurs et les monomes $(u_1^{\alpha_1} \cdots u_n^{\alpha_n})_j$ (où α_s est le nombre d'indices λ_l égaux à s), le raisonnement précédent s'étend aux espaces vectoriels déduits définis par Y. Matsushima ([2]), d'où :

Théorème 1 *a*. — *Soit* L *un espace vectoriel d'endomorphismes d'un espace vectoriel* V *de dimension* n *sur un corps* K *de caractéristique* O ; L *est de type fini ou semi-involutif.*

Supposons involutif l'ensemble de jets Φ [défini par les équations (1)′] et soient $\sigma_1, \ldots, \sigma_n$ ses *caractères* ([1]) ([2]). On peut alors (en faisant au besoin un changement de variables) résoudre (1)′ de façon que les dérivées paramétriques de Φ et de ses prolongements successifs soient : toutes les dérivées de $y^\lambda (\lambda = 1, \ldots, \sigma_1)$ par rapport à la variable x^λ, toutes les dérivées de $y^\mu (\mu = \sigma_1 + 1, \ldots, \sigma_1 + \sigma_2)$ par rapport aux variables x_1^μ et x_2^μ, etc. On peut alors montrer par les méthodes de Riquier-Janet (sans passer par l'intermédiaire d'un système de Cauchy-Kowalewski) que Φ admet une solution analytique et une seule si l'on se donne arbitrairement σ_1 fonctions d'une variable, σ_2 fonctions de deux variables, etc. Φ (ainsi que ses prolongements) est donc *complètement intégrable* : pour tout $X \in \Phi$ (de source x), il existe au moins une solution analytique f de Φ telle que $X = j_x^1 f$.

Si Φ n'est pas involutif, et si L(G) est de type infini, φ admet des prolongements involutifs et donc complètement intégrables; comme la projection j^s de $J^k(R^n, R^n)$ sur $J^s(R^n, R^n)$ applique Φ^k *sur* Φ^s, Φ *et ses prolongements sont complètement intégrables.* Si L(G) est de type fini, on ramène la résolution de Φ à celle d'un système de Pfaff complètement intégrable. D'où :

Théorème 2. — *Tout système d'équations aux dérivées partielles du premier ordre, linéaire, homogène, à coefficients constants, qui n'est pas impossible est complètement intégrable.*

Soient $p, p_1, \ldots, p_s$ les dimensions de G, $G^{(1)}, \ldots, G^{(s)}$ et soit h le plus grand entier pour lequel le caractère σ_h de G soit $\neq 0$ (h est le *genre* de G). On a : $p = \sigma_1 + \ldots + \sigma_h$. Si G est involutif, les caractères de $G^{(1)}$ sont définis par : $\sigma'_i = \sigma_i + \sigma_{i+1} + \ldots + \sigma_h$ et l'on a : $p_1 = \sigma'_1 + \ldots + \sigma'_h = \sigma_1 + 2\sigma_2 + \ldots + h\sigma_h$;

on peut calculer les p_s de proche en proche en fonction des σ_i; inversement on peut exprimer les σ_i en fonction de $p, \ldots, p_{h-1}$, d'où :

THÉORÈME 3. — *Si* G *est involutif, de genre h, les caractères de* G *sont des combinaisons linéaires des dimensions* $p, \ldots, p_{h-1}$ *de* $G, \ldots, G^{(h-1)}$:

$$\sigma_i = \Sigma_{s=0}^{s=h-1} A_i^s p_s,$$

les A_i^s *étant fonctions seulement de i, s et h.*

COROLLAIRE. — *Si* G *est involutif, de genre h, la dimension de* $G^{(s+h)}$ *est une combinaison linéaire des dimensions de* $G, \ldots, G^{(s+h-1)}$:

$$p_{s+h} = \Sigma_{m=0}^{m=h-1} B_m p_{s+m},$$

les B_m *étant fonctions seulement de m et h.*

Le théorème 3 et son corollaire s'étendent aux dimensions des espaces déduits envisagés dans le théorème 1*a*.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Contribution à l'étude physique des jets.* Note (*) de M. **Roger Curtet**, présentée par M. Joseph Pérès.

Dans une Note précédente (1), M. A. Craya et l'auteur ont présenté une théorie approchée des jets en espace confiné. Nous nous proposons ici de comparer à la théorie approchée quelques résultats expérimentaux obtenus dans le cas d'un jet plan symétrique (2).

Le dispositif expérimental (éjecteur), construit aux Laboratoires de Mécanique des Fluides de l'Université de Grenoble, comporte essentiellement une buse inductrice (section d'entrée : hauteur, $2a = 4{,}2$ mm; largeur, 400 mm), une chambre de mélange (hauteur, $2h = 50$ mm; largeur, 400 mm; longueur, 400 mm), et un divergent (ouverture totale, 7°; largeur, 400 mm) [schéma de principe : *cf.* (3)].

Les mesures de vitesses effectuées dans la chambre de mélange, en différentes abscisses comprises entre zéro et $80a$ (origine à l'entrée) pour trois rapports du débit induit q_2 au débit inducteur q_1 (2,9 — 3,7 et 4,2) montrent qu'à partir d'une certaine abscisse, les courbes $w/w_0 = f(\eta)$ se rassemblent en une courbe unique, proche des expressions simples $f_1(\eta) = \exp(-\pi\eta^2/4)$ (4) et $f_3(\eta) = (1/2)[1+\cos(\pi\eta/2)]$ (5). Les valeurs expérimentales des coefficients k, a

(*) Séance du 14 novembre 1955.

(1) *Comptes rendus*, 241, 1955, p. 621.

(2) *Cf.* R. Curtet, *Comptes rendus*, 239, 1954, p. 387.

(3) *Cf.* R. Curtet, *Comptes rendus*, 236, 1953, p. 1134.

(4) Utilisée notamment par le laboratoire de Iowa : *Cf.* M. L. Albertson, Y. B. Dai, R. A. Jensen et Hunter Rouse, *Proc. A. S. C. E.*, 74, 1948, p. 1571-1596.

(5) Utilisée notamment par H. B. Squire et J. Trouncer, *cf. R. A. E.*, Report n° Aero. 1904, janvier 1944.

et b, définis par

$$k = \int_0^{+\infty} f^2\,d\eta, \qquad a = k\alpha - \beta, \qquad b = \alpha, \qquad \alpha = \int_0^{+\infty} f\eta\,d\eta, \qquad \beta = \int_0^{+\infty} f^2\eta\,d\eta$$

pour $\Psi = 1$ (¹) sont comprises entre les valeurs des coefficients calculés à partir des fonctions f_1 et f_3 (*fig* 1).

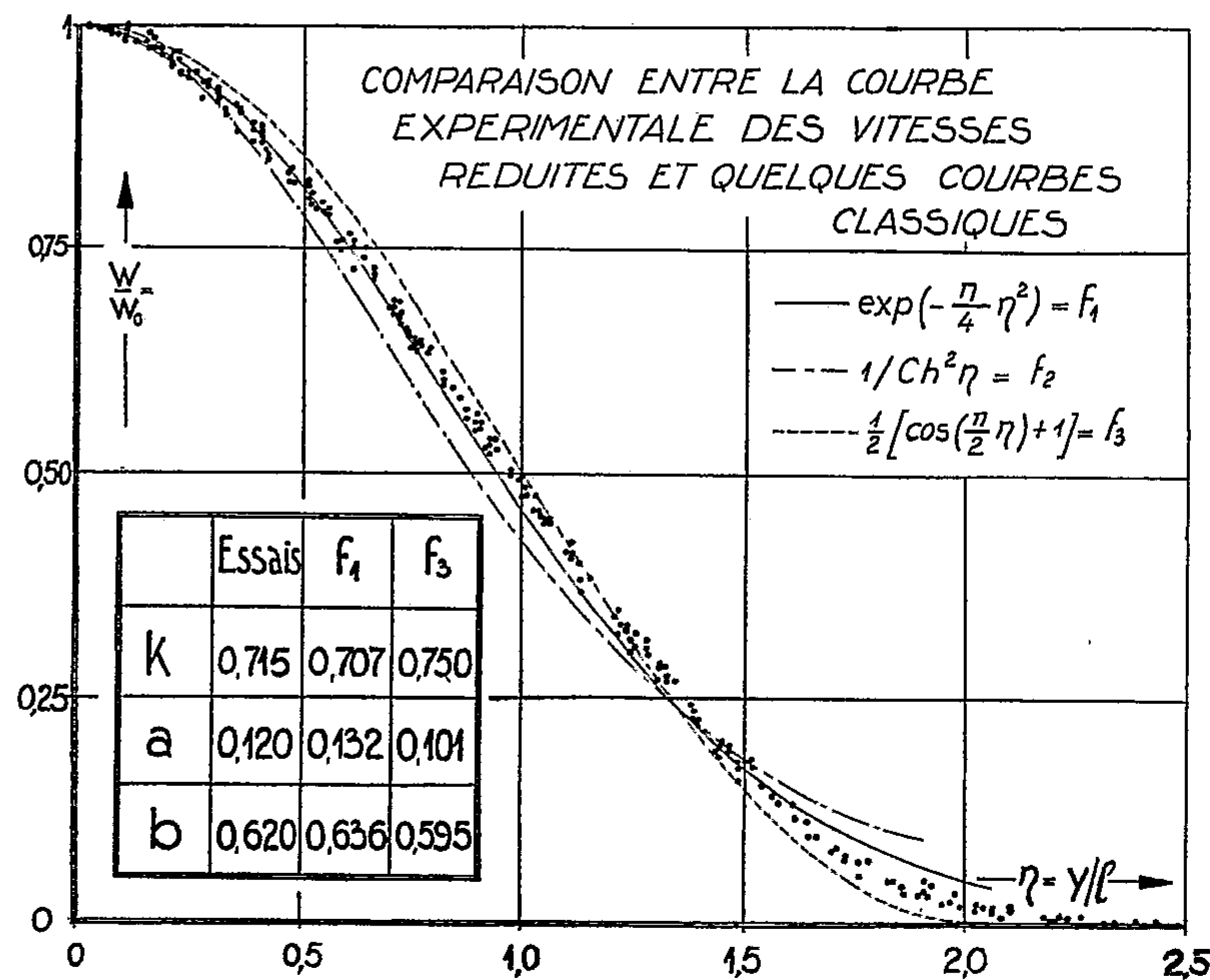


Fig. 1.

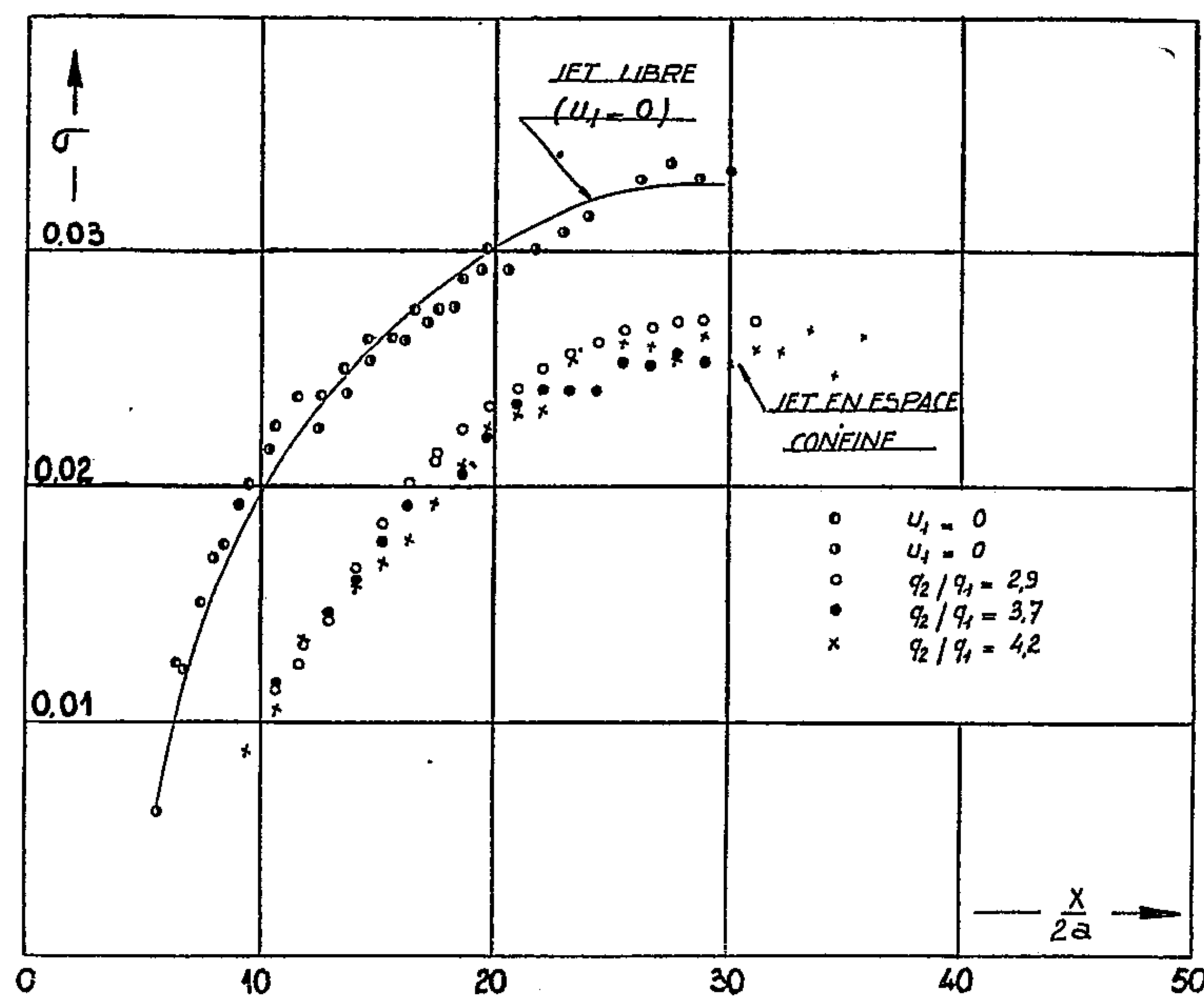


Fig. 2.

Introduisant les variations expérimentales de l, w_0 et u_1 dans les équations (2) et (4) [1], on constate bien qu'elles sont vérifiées tandis que l'équation (3) donne la variation de σ en fonction de x (*fig.* 2) : σ augmente avec l'abscisse et semble atteindre un palier pour $x/2a = 30$ environ. En faisant déboucher la buse dans un bassin de grandes dimensions ($u_1 = 0$), nous avons pu évaluer σ dans ce cas plus simple et obtenir sa variation portée sur la figure 2. On voit que σ augmente également en fonction de l'abscisse et semble tendre vers un

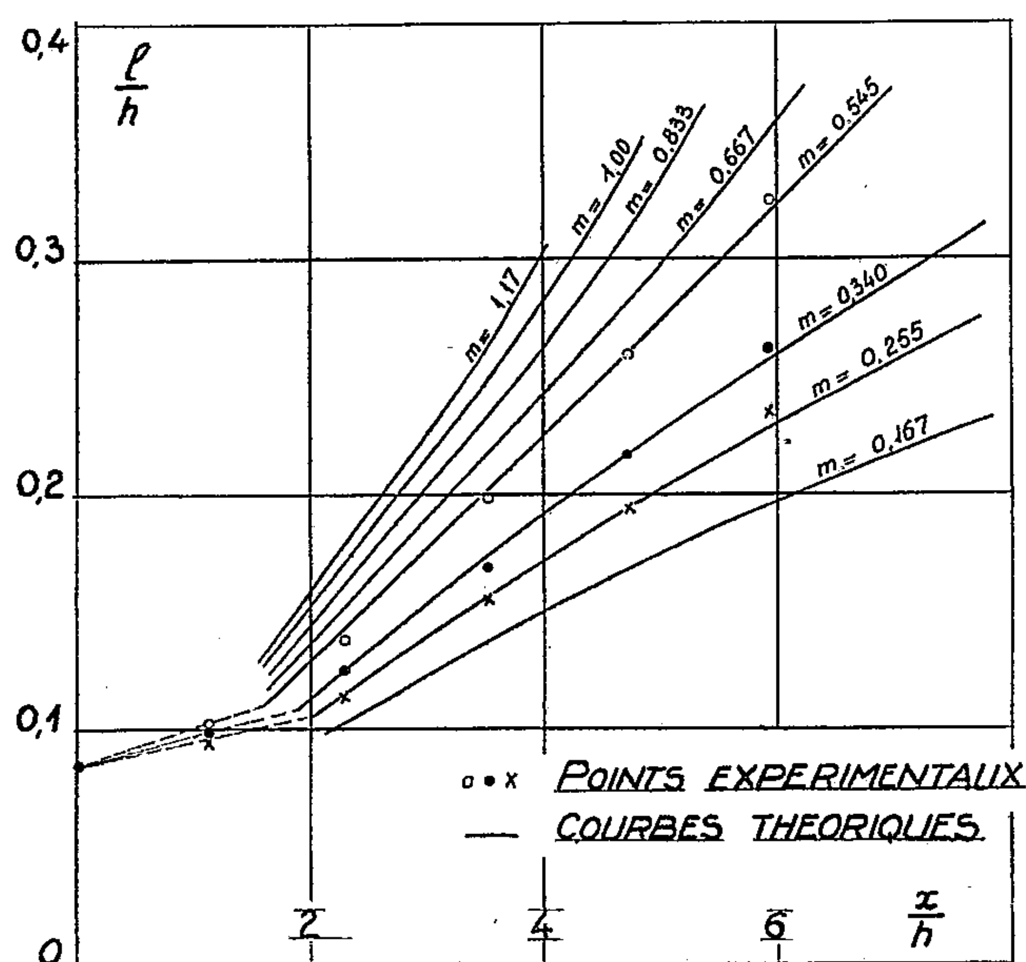


Fig. 3.

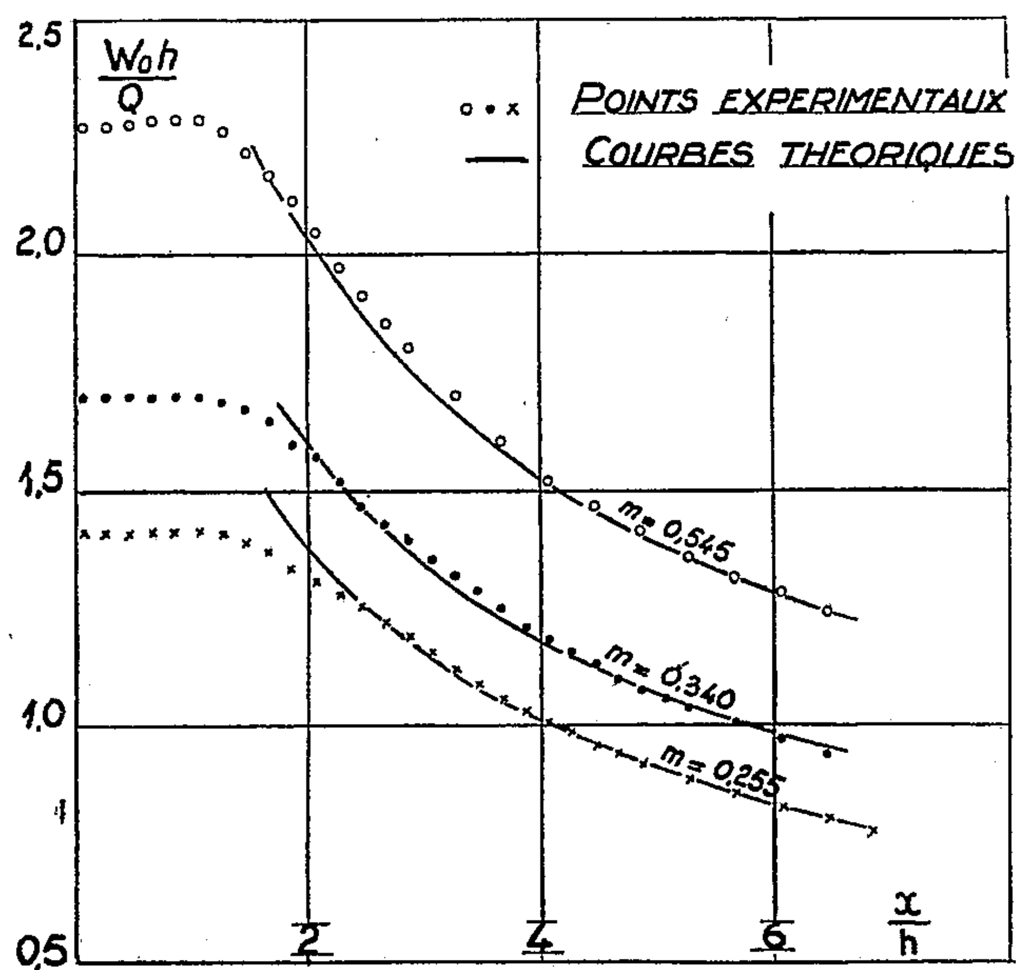


Fig. 4.

palier, correspondant à une valeur de σ proche de celle trouvée par d'autres auteurs [*cf.* (4)].

La zone étudiée semble donc constituer, entre le « cône potentiel » et la région du régime établi, une transition caractérisée par une évolution de l'intensité relative des contraintes tangentielles, malgré la constance approximative du profil réduit des vitesses. Cette question fera l'objet d'un examen systématique ultérieur.

Le système (2), (3) et (4) (1) s'intègre par quadrature pour $h=$ const. et δ_* négligeable et conduit à une relation de la forme

$$\xi=\varphi(\mathrm{R}, m) \qquad \text{où} \quad \xi=\int \sigma\frac{dx}{h}, \qquad q=w_0 l, \qquad \mathrm{R}=\frac{q}{\mathrm{Q}}, \qquad \mathrm{L}=\frac{l}{h};$$

m est une constante de quantité de mouvement résultant de l'intégration de l'équation (2) et définie par

$$m=-\frac{3}{2}\mathrm{R}^2+\mathrm{R}+k\frac{\mathrm{R}^2}{\mathrm{L}}. \tag{5}$$

On déduit de ces calculs les réseaux des courbes $\mathrm{L}=f(m, \xi)$ et $hw_0/\mathrm{Q}=g(m, \xi)$ représentés sur les figures 3 et 4.

On notera que l'on peut avoir une représentation approchée du phénomène en ignorant la variation de σ et adoptant une valeur moyenne; les figures 3 et 4 montrent par exemple que l'on rend compte très convenablement des résultats expérimentaux, du moins dans la gamme de nos mesures, en prenant un σ moyen égal à 0,021.

MÉCANIQUE STATISTIQUE. — *Relaxation transversale et fonction de corrélation d'une variable quantique.* Note de M. **Joseph Seiden**, présentée par M. Louis de Broglie.

On développe une méthode générale pour étudier la relaxation transversale d'un système couplé avec un milieu, valable à condition que les énergies mises en jeu soient faibles devant kT. Les calculs sont parallèles à ceux effectués par Ayant pour sa fonction de corrélation d'une variable quantique, ses résultats s'appliquent directement.

1. Considérons un système S couplé avec un milieu Σ (par exemple un spin nucléaire dans un liquide, soumis à un champ magnétique Zeeman H_z et couplé à l'agitation thermique des molécules du liquide). On suppose ici que Σ se comporte comme un thermostat. Une excitation extérieure, interrompue à l'instant $t=0$, ayant écarté S de l'équilibre thermique avec Σ, S se relaxe par deux processus différents, d'ailleurs liés entre eux

a. la relaxation énergétique (1) : elle met en jeu des échanges d'énergie

(1) F. Lurçat, *Comptes rendus*, **240**, 1955, p. 2402 et 2517.

entre S et Σ; elle est régie par les éléments diagonaux $(m|\rho(t)|m)$ de la matrice de densité relative à S. $m, m', n, n'\ldots$ désignent les niveaux de H_S, hamiltonien relatif à S (dans l'exemple cité, c'est la relaxation de M_z, composante sur z de l'aimantation)

b. la relaxation transversale que nous étudions ici : elle ne met pas en jeu d'échanges d'énergie entre S et Σ; elle est régie par les éléments non diagonaux $(m|\rho(t)|m')$ de la matrice de densité. C'est la relaxation des grandeurs macroscopiques $\langle Q \rangle =$ Trace de $[Q\rho]$ correspondant à des variables Q de S dont les valeurs moyennes $(m|Q|m)$ dans tous les états m de H_S sont nulles (dans l'exemple cité, c'est la relaxation des composantes M_x et M_y de l'aimantation).

2. Nous supposerons ici que les interactions $S \rightleftharpoons \Sigma$ sont « incohérentes » et peuvent être décrites par une énergie de couplage $H_C(t)$ fonction aléatoire stationnaire du temps. A l'instant $t=0$, les éléments $(m|\rho(0)|m') = (m|\rho|m')$ dépendent de l'excitation antérieure; l'évolution de $\langle Q(t)\rangle$ vers sa valeur d'équilibre est donnée par

$$(1)\qquad \langle Q(t)\rangle = \text{Trace de } [\overline{Q\rho(t)}] = \text{Trace de } [\overline{QT(t)\rho T^*(t)}]$$

l'opérateur d'évolution $T(t)$ étant solution de

$$(2)\qquad i\hbar\frac{dT(t)}{dT} = [H_S + H_C(t)]T(t) \qquad \overline{H_C(t)} = 0.$$

La moyenne figurée explicitement par une barre dans (1) et (2) porte sur un ensemble de Gibbs de couplages $H_C(t)$. On vérifie aisément que si $(m|\rho|m') = k\delta_{mm'}$, on a $(m|\rho(t)|m') = (m|\rho|m')$ quel que soit t. On a donc là un état d'équilibre dans lequel tous les états m de S sont également probables, ce qui montre que notre étude, basée sur (1) et (2), traitant S comme un système quantique et Σ comme un système « classique » n'est valable que lorsque $\hbar\omega_{mm'} \ll kT$.

3. Soit τ_C le temps de corrélation de $H_C(t)$, on supposera que $\omega_{mm'}\tau_C < 1$. On s'intéresse au comportement asymptotique de $\langle Q(t)\rangle$ pour $t\to\infty$. Décomposons, comme Ayant [2], l'intervalle t en N intervalles $t/N \gg \tau_C (N \gg 1)$. On a $T(t) = T_N T_{N-1}\ldots T_1$, $T_i = T(t/N)$ étant l'opérateur relatif au $i^{\text{ème}}$ intervalle. Il vient

$$(3)\qquad \langle Q(t)\rangle = \Sigma\,\overline{(m|T_1^*|m_1)(n_1|T_1|n)}\;\overline{(m_1|T_2^*|m_2)(n_2|T_2|n_1)}\times \ldots\overline{(m_{N-1}|T_N^*|m_N)(n_N|T_N|n_{N-1})}\,(m_N|Q|n_N)(n|\rho|m) = \vec{\rho}\,\mathcal{C}^N\vec{Q},$$

$\mathcal{C}$ est la matrice : $\mathcal{C}_{(m_k n_k),(m_j n_j)} = \overline{(m_k|T_i^*|m_j)(n_j|T_i|n_k)}$, $\vec{\rho}$ et $\vec{Q}$ sont des vecteurs de composantes $\rho_{(mn)} = (n|\rho|m)$ et $Q_{(mn)} = (m|Q|n)$. Explicitant la forme bilinéaire (3) à l'aide des valeurs et vecteurs propres de $\mathcal{C}$, on montre qu'en général, le nombre de « temps de relaxation » tranversale est égal au nombre de couples de niveaux (mn) de H_S distincts. Les sous-matrices de $\mathcal{C}$ ont été

étudiées par Ayant ([2]), nous utilisons ses résultats en adoptant ses notations. Nous traitons deux cas.

a. Tous les niveaux de H_S et tous les $\omega_{mm'}$ sont distincts. On trouve :

$$\langle Q(t)\rangle = \sum_{m,n} e^{i\omega_{mn}t} e^{-\lambda_{mn}t}(m\,|\,Q\,|\,n)(n\,|\,\rho\,|\,m).$$

Les temps de relaxation tranversale sont : $T_{mn} = 1/[\mathrm{Re}\,\lambda_{mn}]$ [formule (36) d'Ayant ([2])].

Seuls interviennent pour $\langle Q(t)\rangle$ les temps T_{mn} pour lesquels $(m|Q|n) \neq 0$. La relaxation de $\langle Q\rangle$ dépend des conditions initiales $(n|\rho|m)$ créées par l'excitation.

b. Tous les niveaux consécutifs m, $m \pm 1$ de H_S sont équidistants. Alors

$$\langle Q(t)\rangle = \sum_{(mn)}{}' e^{i\omega_{mn}t}\left[\vec{\rho}^{(mn)} e^{-\Lambda_{(mn)}t} \vec{Q}^{(mn)}\right] \tag{4}$$

les formes bilinéaires (4) correspondent aux formes hermitiques (38) d'Ayant ([2]), elles s'obtiennent en groupant dans (3) tout les termes en $e^{i\omega t}$ relatifs à la même fréquence ω_{mn}, la somme (4) portant sur toutes les fréquences ω_{mn} distinctes. Les temps de relaxation sont les valeurs propres des matrices $1/\Lambda_{(mn)}$.

Ainsi, dans les deux cas *a* et *b*, $\langle Q\rangle$ se relaxe suivant une somme d'exponentielles décroissantes.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Une expression simple de la solution du problème de Dirichlet dans le plan*. Note (*) de M. **Émile Durand**, présentée par M. Louis de Broglie.

Si $\zeta = g(z)$ est une transformation conforme qui fait correspondre l'axe réel du plan $\zeta = \xi + i\eta$ à la courbe C du plan $z = x + iy$, pour laquelle on veut chercher la solution du problème de Dirichlet, on peut prendre comme fonction de Green l'expression complexe

$$G(z, z_0) = \mathrm{Log}\frac{g(z_0) - g(z)}{g(z_0) - g^*(z)}. \tag{1}$$

La dérivée normale d/dn, relative aux variables de z_0 et prise vers l'intérieur de la courbe C, s'écrit

$$\frac{d}{dn}G(z, z_0) = g'(z_0)\,e^{i\psi}\left\{\frac{1}{g(z_0) - g(z)} - \frac{1}{g(z_0) - g^*(z)}\right\}, \tag{2}$$

en désignant par ψ l'angle que forme la normale intérieure à C, avec l'axe

([2]) Y. Ayant, *Journal de Physique et le Radium*, 16, 1955, p. 411.

(*) Séance du 7 novembre 1955.

des x. D'autre part on sait que pour une fonction $g(z_0)$ de la variable complexe $z_0 = x_0 + iy_0$, on a

$$\frac{dg}{dn} = i\frac{dg}{dl}, \qquad \frac{dg^*}{dn} = -i\frac{dg^*}{dl}, \tag{3}$$

d/dl désignant la dérivée tangentielle prise dans le sens inverse des aiguilles d'une montre, sur la courbe C. Comme $g(z_0)$ est réel sur C, on a $dg/dl = dg^*/dl$, d'où

$$\frac{dg}{dn} = -\frac{dg^*}{dn} \qquad \text{ou} \qquad g'(z_0)\,e^{i\psi} = -[g'(z_0)]^*e^{-i\psi}. \tag{4}$$

On peut donc écrire (2) sous la forme

$$\left\{\frac{d}{dn}G(z, z_0)\right\}_C = \left\{\frac{g'(z_0)\,e^{i\psi}}{g(z_0) - g(z)} + \frac{[g'(z_0)]^*e^{-i\psi}}{g^*(z_0) - g^*(z)}\right\}. \tag{5}$$

Cette expression est par conséquent réelle, et au lieu de l'expression classique

$$V(P) = -\frac{1}{2\pi}\int_C V(M)\left[\frac{d}{dn}G(P, Q)\right]_C dl \tag{6}$$

nous pouvons écrire

$$V(P) = -\frac{1}{2\pi}\int_C V(M)\left[\frac{d}{dn}G(z, z_0)\right]_C dl; \tag{7}$$

mais (7), avec (5), se présente comme la partie réelle de la fonction $F(z)$ donnée par

$$F(z) = \frac{1}{\pi}\int_C V(M)\frac{g'(z_0)\,e^{i\psi}}{g(z) - g(z_0)}\,dl. \tag{8}$$

Il en résulte que (8) donne non seulement la solution du problème cherché, c'est-à-dire $V(x, y)$ quand on connaît sa valeur $V(M)$ sur C, mais aussi la fonction flux qui lui est associée, puisque

$$F(z) = V(x, y) + i\Phi(x, y). \tag{9}$$

Elle est valable, même si $V(M)$ est une fonction discontinue. Rappelons, pour être complet, que si la courbe C est donnée sous forme paramétrique $x = x(t)$ et $y = y(t)$, la transformation qui fait correspondre l'axe réel de ζ à la courbe C s'écrit

$$z = x(\zeta) + iy(\zeta) \qquad \text{où} \qquad \zeta = g(z). \tag{10}$$

On peut mettre (8) sous la forme

$$F(z) = \frac{1}{\pi}\int_C V(M)\,H(z, z_0)\,dl \tag{11}$$

en définissant le potentiel élémentaire $H(z, z_0)$ par

$$H(z, z_0) = \frac{e^{i\psi}\,g'(z_0)}{g(z) - g(z_0)}. \tag{12}$$

Cherchons la signification physique de ce potentiel $H(z, z_0)$, où z_0 est sur la courbe C. Quand z est aussi sur la courbe C, soit $z = z_1$, $g(z_1)$ et $g(z_0)$ sont réels et $e^{i\psi} g'(z_0)$ est imaginaire pur; donc le potentiel qui est la partie réelle de $H(z, z_0)$ est nul sur C. D'autre part, au voisinage de z_0, on a

$$(13) \qquad g(z) - g(z_0) = g'(z_0)(z - z_0) \qquad \text{d'où} \qquad H(z, z_0) \to \frac{e^{i\psi}}{z - z_0},$$

ce qui est le potentiel complexe d'un dipôle cylindrique élémentaire normal en C en z_0 (1). En définitive, (12) est l'influence, sur C au potentiel zéro, de ce dipôle normal placé en z_0.

Comme exemple d'application de (8), on choisira la transformation $g(z) = i(a - z)/(a + z)$ qui correspond au cercle de rayon a; on obtient la formule de Schwarz

$$(14) \qquad F(z) = \frac{1}{2\pi} \int_C V(\varphi) \frac{a e^{i\varphi} + z}{a e^{i\varphi} - z} d\varphi + ik$$

où k est une constante réelle.

Quand $g(z) = z$, la courbe C est l'axe des x et l'on obtient la formule classique

$$(15) \qquad F(z) = \frac{i}{\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} V(x_0) \frac{dx_0}{z - x_0}.$$

MICROSCOPIE ÉLECTRONIQUE. — *Emploi d'une lentille cylindrique pour réduire la distorsion de l'image en microscopie électronique par réflexion.* Note de MM. **Charles Fert** et **Bernard Marty**, présentée par M. Gaston Dupouy.

La distorsion des images en microscopie électronique par réflexion sous grand angle (rapport des grandissements caractéristiques : 2,5 pour un angle d'observation de 23°) est réduite par l'emploi d'une lentille cylindrique disposée après le projecteur. Le rapport des grandissements caractéristiques est ramené à une valeur voisine 1,4, tandis que l'impression de relief est augmentée.

Les images obtenues en microscopie électronique par réflexion sous grand angle (1) présentent une distorsion beaucoup plus petite que celle des images obtenues en utilisant la technique de l'observation rasante (2). Le rapport des grandissements caractéristiques, qui était égal à 15 pour un angle d'observation $\theta_2 = 4°$, est de 2,5 pour $\theta_2 = 23°$ (*fig.* 1).

Ce rapport est assez faible pour qu'on puisse « corriger » l'image obtenue.

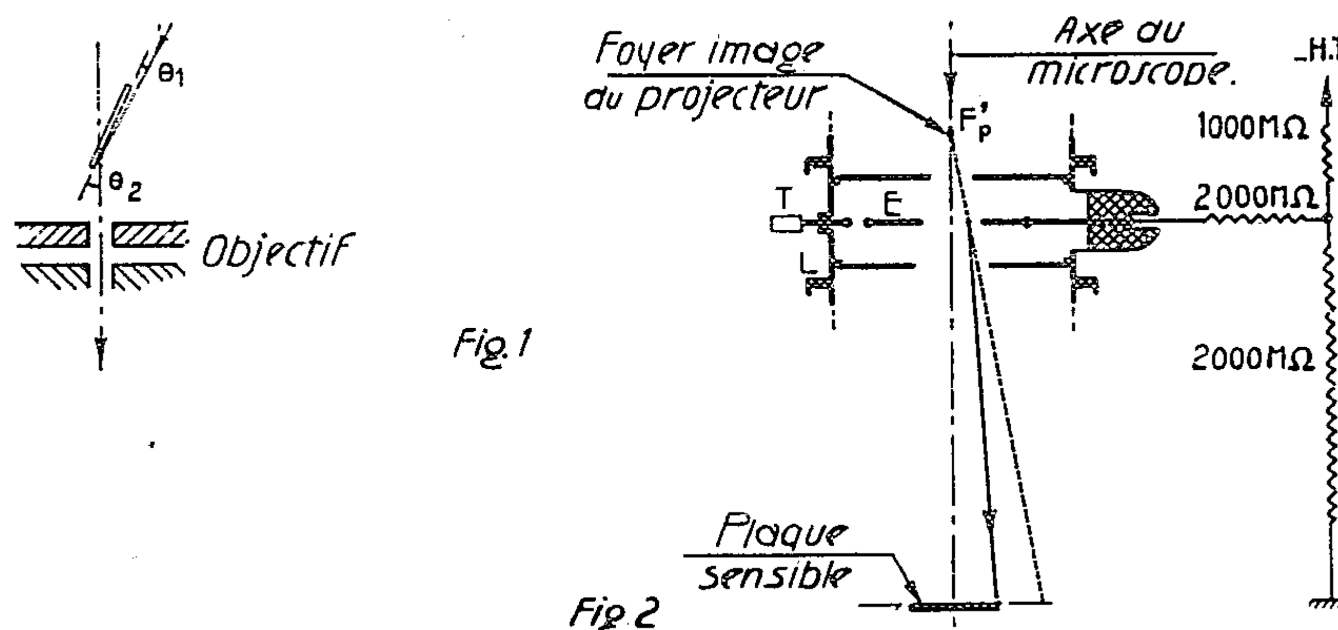
(1) *Voir* par exemple, E. Durand, *Électrostatique et Magnétostatique*, Masson édit., Paris, 1953, p. 55 et 294.

(1) C. Fert, B. Marty et R. Saporte, *Comptes rendus*, 240, 1955, p. 1975.

(2) C. Fert et R. Saporte, *Comptes rendus*, 235, 1952, p. 1490.

Une première méthode consiste à agrandir le cliché avec un système optique à lentilles cylindriques donnant deux grandissements différents dans deux directions rectangulaires. Le rapport des deux grandissements recherché est de l'ordre de celui qui est réalisé sur certains objectifs cinématographiques (hypergonar de L. Chrétien).

Mais il est préférable d'obtenir *directement* un cliché corrigé. Ce résultat peut être atteint en plaçant, *après le projecteur*, une lentille cylindrique. Une telle lentille n'est pas stigmatique, mais l'ouverture du faisceau électronique convergeant en un point image est assez faible pour que la netteté de l'image ne soit pas altérée.



Le résultat est commodément atteint en utilisant une lentille électrostatique cylindrique L dont les fentes *sont parallèles au plan d'incidence* du faisceau sur l'objet, et qui diminue le grandissement dans la direction perpendiculaire aux fentes (*fig.* 2). Cette solution présente l'avantage de n'exiger qu'une lentille peu puissante dont les fentes larges ne réduisent pas le champ.

Le calcul de cette lentille ne présente pas de difficulté. Dans le montage utilisé, la fente centrale E a 4 cm de largeur, la distance entre électrodes est 3 cm. Le potentiel de l'électrode centrale est fixé par un potentiomètre monté entre cathode et masse. Pour éliminer l'action de la lentille, il suffit de pousser une tige T reliée à la masse au contact de l'électrode centrale. Un couplage convenable des différentes lentilles magnétiques (objectif, lentille intermédiaire, projecteur), annule la rotation de l'image entre le plan objet de l'écran, ce qui évite de prévoir l'orientation de la lentille cylindrique.

La figure 3 (dépôt électrolytique de nickel sur fonte) montre l'image d'une même région d'un objet [3] *avec* et *sans* action de la lentille correc-

[3] G. Dupouy et C. Fert, *Congrès International de Microscopie Électronique*, Londres, juillet 1954 (en cours d'impression).

trice. Sans insister ici sur les caractères géométriques de la reproduction obtenue, nous noterons que l'action de la lentille réduit la distorsion de

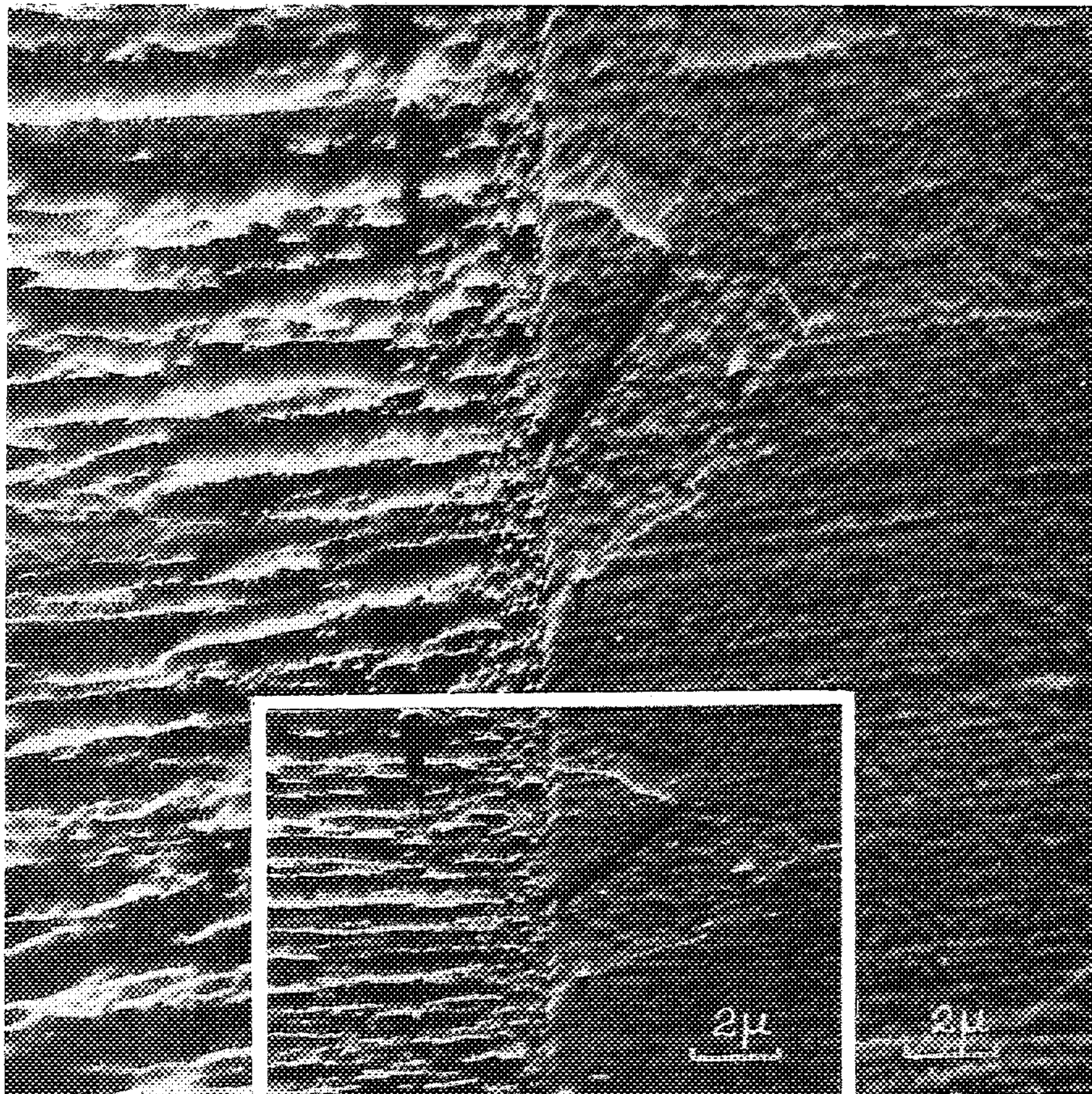


Fig. 3.

l'image et rapproche des conditions d'observation normale, mais en accentuant l'impression de relief.

EFFET RAMAN. — *Spectre Raman de l'eau de cristallisation du chlorure d'aluminium hexahydraté, à basse température.* Note de Mme ANNETTE WEIL-MARCHAND, présentée par M. Jean Cabannes.

Étude du spectre Raman du chlorure d'aluminium hexahydraté à —150°C, comparaison avec le spectre obtenu à température ordinaire, et possibilités d'interprétation théorique des raies provenant des vibrations des molécules d'eau.

Le chlorure d'aluminium hexahydraté cristallise dans le système D_{3d}^{6}, $R\bar{3}c$.

La plus petite maille rhomboédrique, définie par $a = 7{,}85$ Å et $\alpha = 97° \pm 20'$ [1], contient deux molécules de $Cl_3Al, 6H_2O$.

Le spectre Raman d'un monocristal de ce corps a été étudié par A. Galy [2] à la température de + 20°C. Celui-ci, ayant signalé diverses anomalies dans l'interprétation des spectres Raman de l'eau, qui présentaient d'ailleurs des raies larges et floues, nous avons repris cette étude, en lumière naturelle et polarisée, à la température de — 150°C.

A cette température, nous trouvons neuf raies, nettes et fines, auxquelles nous pouvons attribuer un type de symétrie bien défini. Nos résultats sont exposés dans le tableau suivant :

Fréquences (cm^{-1}).	Type.	Coefficients des intensités.	
1 643	A + E	$\varepsilon^2_{ZZ} =$ ttf;	$\varepsilon^2_{XX} =$ ttf ou nul
		$\varepsilon^2_{XY} =$ f;	$\varepsilon^2_{ZX} =$ ttf ou nul
3 051	A	$\varepsilon^2_{ZZ} =$ mF;	$\varepsilon^2_{XX} =$ ttf ou nul
3 042	E	$\varepsilon^2_{XY} =$ tf;	$\varepsilon^2_{ZX} =$ mF
3 078	E	$\varepsilon^2_{XY} =$ mF;	$\varepsilon^2_{ZX} = 0$
3 150	A + E	$\varepsilon^2_{XX} =$ mf;	$\varepsilon^2_{ZZ} = 0$
		$\varepsilon^2_{XY} =$ tf;	$\varepsilon^2_{ZX} = 0$
3 300	A + E (?)	$\varepsilon^2_{XX} =$ mf;	$\varepsilon^2_{ZZ} = 0$
		$\varepsilon^2_{XY} =$ ttf ou nul;	$\varepsilon^2_{ZX} = 0$

Les différences de fréquences que l'on constate entre les spectres de A. Galy et les nôtres s'expliquent par le fait qu'à la température ordinaire la largeur des raies est de 25 à 40 cm^{-1}, alors qu'à — 150°C elle n'est plus que de 5 cm^{-1}.

A. Galy avait pensé que les raies de fréquences 3 038 et 3 071 cm^{-1}, auxquelles il n'avait pu attribuer un type de symétrie, provenaient de variations de fréquence d'une même raie. Or nous trouvons simultanément dans le même spectre, en lumière polarisée, la raie de fréquence 3 042 cm^{-1} et la raie de fréquence 3 078 cm^{-1}; à chacune d'elles nous pouvons attribuer le type E.

De plus, le nombre même de huit raies trouvées par A. Galy, de type différent, lui semblait excessif, car il n'y a qu'une seule famille de molécules d'eau. En effet, chaque vibration fondamentale ν_1, ν_2 et ν_3 de la molécule d'eau doit donner naissance, par couplage, à une raie de type A et une raie de type E. Soit au total une raie de type A plus une raie de type E vers 1 600 cm^{-1} (dérivées de ν_2) et deux raies de type A plus deux raies de type E vers 3 000 cm^{-1} (dérivées de ν_1 et ν_3).

Nous trouvons deux raies vers 1 600 cm^{-1} et sept raies vers 3 000 cm^{-1}. On peut expliquer les doublets de fréquences 3 150 cm^{-1} et 3 300 cm^{-1} (A + E) comme provenant d'une résonance de Fermi entre l'harmonique du doublet

(1) K. R. ANDRESS et C. CARPENTER, *Z. Krist.*, 87, 1934, p. 446.
(2) *Comptes rendus*, 236, 1953, p. 284.

1643 cm^{-1} et la raie théorique (A + E) de fréquence 3 225 cm^{-1}. Ces raies 3 150 et 3 300 cm^{-1} ont en effet des caractères de polarisation assez analogues.

Dans ces conditions, seule la raie 3 042 cm^{-1} (ou 3 078 cm^{-1}) est surnuméraire.

Toutes ces raies ont des intensités parfaitement définies et il semblait possible de tenter de vérifier l'orientation des molécules d'eau la plus probable que laisse supposer la structure : à savoir que les liaisons OH des molécules d'eau sont dirigées vers les atomes de chlore les plus voisins, situés à 3 Å de l'atome d'oxygène.

En comparant les intensités relatives des raies observées avec les coefficients des tenseurs théoriques, calculés dans cette hypothèse, et rapportés aux axes OX, OY, OZ de l'ellipsoïde des indices, (OZ étant l'axe ternaire), il est impossible de faire accorder théorie et expérience. Il semble même impossible de trouver une orientation des molécules d'eau compatible avec les résultats expérimentaux, ce qui laisse supposer, comme le faisait déjà remarquer A. Galy, que les molécules d'eau n'ont sans doute pas gardé dans le cristal, ainsi que l'indique la structure, les éléments de symétrie qu'elles possèdent à l'état de vapeur, hypothèse dont nous sommes partis pour calculer les intensités des raies.

PHYSIQUE MACROMOLÉCULAIRE. — *Une théorie de l'effet Maxwell des solutions de macromolécules en chaînes* II. Note de M. **Roger Cerf**, présentée par M. Gustave Ribaud.

L'introduction de la viscosité interne dans le modèle de macromolécule de Rouse conduit à une théorie générale des propriétés hydrodynamiques des macromolécules en solution, dont j'ai récemment exposé les principes (1), (2). On étudiera ici comme première application de cette théorie le comportement des lignes neutres pour une solution de macromolécules soumise à un écoulement à gradient constant.

Il y a lieu de distinguer plusieurs cas, suivant la valeur du rapport $r = f_i/f$ (f_i est le coefficient de viscosité interne défini antérieurement (1) et f le coefficient de frottement sur chacune des N sous-chaînes de la macromolécule).

1. $r \ll 1$ (*viscosité* η_0 *du solvant très grande*). — Les macromolécules se déforment dans l'écoulement. On a examiné ce cas limite dans une Note antérieure (2). Rappelons qu'en portant RT tgα en fonction de M[η]η_0 on obtient une droite D_1 de pente 1/5 et d'ordonnée à l'origine positive; tgα représente la pente initiale, à concentration nulle, de la courbe donnant l'angle d'extinction en fonction du gradient de vitesse, R la constante des gaz parfaits, T la tempé-

(1) *Comptes rendus*, 241, 1955, p. 496.

(2) *Comptes rendus*, 240, 1955, p. 531.

rature absolue, M la masse moléculaire et $[\eta]$ la viscosité intrinsèque de la solution. Le coefficient 1/5 avait été obtenu en négligeant les interactions hydrodynamiques entre les sous-chaînes. Si l'on tient compte de ces interactions, ce que l'on fera toujours par la suite, la pente de la droite D_1 est environ deux fois plus petite, voisine de 0,09.

2. $r \gg 1$ (*viscosité η_0 du solvant très petite*). — Les macromolécules ne sont pas déformées par l'écoulement, et la solution présente un effet d'orientation dont le calcul avait été abordé par Peterlin (3). J'ai obtenu la formule suivante, qui est valable quelle que soit l'importance des interactions hydrodynamiques :

$$RT \operatorname{tg}\alpha = 0{,}9\, M[\eta]\eta_0.$$

On voit que le rapport p des pentes de la tangente à l'origine et de l'asymptote de la courbe C donnant $RT \operatorname{tg}\alpha$ en fonction de $M[\eta]\eta_0$ est indépendant :

a. de la masse moléculaire pour une série d'homologues, donc aussi de la polydispersité d'un échantillon;

b. de la nature du polymère et du solvant (4). Le rapport p est voisin de 10. La courbe C, que l'on peut dessiner connaissant les deux lois limites D_1 et D_2 présente la forme même (5) que l'on avait obtenue par la théorie de la sphère élastique et qui est en accord avec les résultats expérimentaux (6). On notera à ce sujet que pour un acide nucléique de masse $M = 2\,250\,000$ étudié par Leray (7), la valeur expérimentale du rapport p est précisément voisine de 10. Il est intéressant de constater que ce produit, dont la structure est encore l'objet de discussions, présente à cet égard exactement le comportement déduit par le calcul pour une molécule en chaîne.

Par ailleurs la théorie montre que la grandeur initiale de la biréfringence est proportionnelle à la viscosité intrinsèque de la solution (et indépendante de la viscosité interne). C'est là un fait expérimental établi de longue date et dont la théorie de l'haltère élastique (8) rendait compte. On voit que la présente théorie réalise un progrès sur les théories anciennes puisqu'elle rend compte

(3) *Proc. Acad. Sc.*, Ljubljana, *Math. Phys. Sec.*, 3, 1947, p. 77.

(4) Un changement de solvant pourrait modifier l'importance des interactions hydrodynamiques, et par suite la valeur du rapport p. Mais pour les valeurs de M que l'on rencontre dans la pratique, c'est toujours le cas limite des interactions importantes qui se présente.

(5) Bruno Zimm (manuscrit communiqué par l'auteur, à paraître au *J. Chem. Phys.*) a fait récemment une étude mathématique très complète de l'influence des interactions hydrodynamiques pour le modèle de Rouse. Zimm n'introduit pas la viscosité interne dans la théorie, et de ce fait, il obtient à la place de la courbe C, une droite passant par l'origine et dont la pente est très voisine de celle de notre asymptote.

(6) *J. Chim. Phys.*, 48, 1951, p. 59; *J. Polymer. Sc.*, 12, 1954, p. 35.

(7) *J. Polymer. Sc.*, 9, 1952, p. 531; *cf.* R. Cerf, *J. Polymer. Sc.*, 12, 1954, p. 15.

(8) W. Kuhn et H. Kuhn, *Helv. Chim. Acta*, 26, 1943, p. 1394.

notamment de deux séries de faits expérimentaux qu'on ne pouvait expliquer jusqu'ici que par deux théories différentes, la théorie de la sphère élastique (pour le comportement de l'angle d'extinction) et la théorie de l'haltère élastique (pour le comportement de la grandeur de la biréfringence).

Un des résultats pratiques de la théorie est de montrer (²) que les mesures de biréfringence d'écoulement sont susceptibles de fournir la valeur de la viscosité interne des macromolécules en chaînes comme ordonnée à l'origine de l'asymptote de la courbe C (⁹). Mais il peut être délicat de déterminer expérimentalement l'asymptote; il convenait donc de calculer la courbe complète (c'est-à-dire de calculer $\operatorname{tg}\alpha$ pour toutes les valeurs de r et non pas seulement pour $r \ll 1$ et $r \gg 1$). J'ai obtenu une expression de $\operatorname{tg}\alpha$ valable pour toutes les valeurs de r. Le problème est formellement résolu, mais les calculs numériques, qui sont longs, n'ont pas encore été effectués. En tout état de cause il est possible de déterminer la viscosité interne en faisant des mesures dans un intervalle de variation de η_0 relativement étroit.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Calcul du champ de réaction d'une molécule dipolaire entourée d'ions.* Note (*) de MM. **Jacques Émile Dubois** et **Josef Barthel**, présentée par M. Francis Perrin.

La connaissance du *champ de réaction* est intéressante pour l'étude cinétique des réactions entre dipôles et ions. Le calcul de ce champ de réaction est effectué pour une molécule dipolaire entourée d'ions à l'aide d'une méthode de calcul de C. J. F. Böttcher (¹) et en utilisant l'expression du potentiel électrique de la configuration « dipôle-ions » démontrée antérieurement (²)

Dans cet article nous déterminerons *le champ* R_m *pour une molécule dipolaire entourée d'ions*. La molécule dipolaire est représentée par une sphère creuse (K) de rayon a dont le milieu O est l'origine d'un système de coordonnées (²). L'axe des z étant colinéaire avec le vecteur dipôle, le milieu de ce vecteur coïncide avec l'origine O. Les ions sont assimilés à des charges ponctuelles. Pour une telle configuration le potentiel électrique est donné par (²)

$$(1)\qquad \psi_1=\sum_{l=0}^{\infty}\sigma_l m s^{l-1}\left[\frac{Y_l}{X_l}\frac{r^l}{a^{2l+1}}+\frac{1}{r^{l+1}}\right]P_l(\cos\theta)\qquad (r\leqq a).$$

$$(2)\qquad \psi_2=\sum_{l=0}^{\infty}\sigma_l m s^{l-1}(2l+1)\frac{e^{+(a-r)x}}{X_l}\sum_{n=0}^{l}\frac{B_n}{r^{n+1}}P_l(\cos\theta)\qquad (r\geqq a)$$

(⁹) La théorie de la sphère élastique fournissait déjà ce résultat, mais le coefficient de viscosité interne n'avait qu'une signification phénoménologique.

(*) Séance du 7 novembre 1955.

(¹) C. J. F. Böttcher, *Theory of Electric Polarisation*, 1952.

(²) J. E. Dubois et J. Barthel, *Comptes rendus*, 241, 1955, p. 201.

avec

$$X_l = \sum_{n=0}^{l} [(n+1+\varkappa a)D + l] B_n a^{l-n}; \qquad Y_l = -\sum_{n=0}^{l} [(n+1+\varkappa a)D - (l+1)] B_n a^{l-n}$$

et

$$\sigma_l \begin{cases} = 1 & \text{si } l \text{ est un nombre impair,} \\ = 0 & \text{si } l \text{ est un nombre pair.} \end{cases}$$

Les coefficients B_n sont obtenus par la formule de récurrence

$$[n(n+1) - l(l+1)] B_n + 2\varkappa B_{n+1}(n+1) = 0.$$

Lorsqu'on place dans un diélectrique une molécule douée d'un moment dipolaire permanent $\vec{m}$, supposée en premier lieu *non polarisable*, celle-ci polarise les molécules qui l'entourent. Cette polarisation, non homogène, crée dans la molécule dipolaire elle-même un champ appelé champ de réaction $\vec{R}$. Par suite des mouvements moléculaires $\vec{R}$ oscille autour d'une valeur $\vec{R}_m$. Par raison de symétrie, on a

(3) $$\vec{R}_m = f\vec{m}.$$

Le potentiel ψ de ce champ de réaction s'écrit

$$\psi = \psi_1 - \frac{m}{r^2} \sum_{l=0}^{\infty} \sigma_l \left(\frac{s}{r}\right)^{l-1} P_l(\cos\theta),$$

le deuxième terme de la différence étant le potentiel d'un dipôle réel.

$$\psi = \sum_{l=0}^{\infty} \sigma_l m s^{l-1} \frac{Y_l}{X_l} \frac{r^l}{a^{2l+1}} P_l(\cos\theta).$$

Le champ $\vec{R}$ est par conséquent donné par la formule

$$\vec{R} = -\overrightarrow{\text{grad}}\,\psi$$

et

$$R_z = -\frac{\partial\psi}{\partial r}\cos\theta + \frac{1}{r}\frac{\partial\psi}{\partial\theta}\sin\theta$$
$$= -\sum_{l=0}^{\infty} \sigma_l m s^{l-1} \frac{Y_l}{X_l} \frac{r^{l-1}}{a^{2l+1}} \left[l\cos\theta P_l(\cos\theta) + \sin^2\theta \frac{dP_l(\cos\theta)}{d\cos\theta} \right].$$

La valeur absolue moyenne R_m de $\vec{R}$ devient

$$R_m = \frac{\int^{(K)} R_z\, dv}{\int^{(K)} dz} = -\frac{3}{2a^3} \sum_{l=0}^{\infty} \sigma_l m \left(\frac{s}{a}\right)^{l-1} \frac{Y_l}{X_l} \frac{1}{l+2} \int_{-1}^{+1} \left[l\xi P_l(\xi) + (1-\xi^2)\frac{dP_l(\xi)}{d\xi} \right] d\xi.$$

Les fonctions sphériques étant orthonormées ($\delta_{l,m}$ symbole de Kronecker)

$$\int_{-1}^{+1} P_m(\xi) P_l(\xi) d\xi = \frac{2\delta_{l,m}}{2l+1},$$

on obtient finalement

$$R_m = -\frac{Y_1}{X_1}\frac{m}{a^3}. \tag{4}$$

Le cas plus général du champ de réaction d'une *molécule polarisable* peut être résolu facilement en connaissant le facteur du champ de réaction qui, d'après (3), est donné par

$$f = -\frac{Y_1}{X_1}\frac{1}{a^3} = \frac{D(2+2\varkappa a+\varkappa^2 a^2) - 2(1+\varkappa a)}{D(2+2\varkappa a+\varkappa^2 a^2) + (1+\varkappa a)}\frac{1}{a^3}. \tag{5}$$

Pour une molécule de polarisabilité α le champ de réaction $R_m^\star$ devient :

$$R_m^\star = f(m + \alpha R_m^\star).$$

Remarquons que la connaissance du champ $R_m^\star$ permet la détermination d'un moment $m^\star$ défini tel que

$$m^\star = m + \alpha R_m^\star$$

qui peut être considéré comme *moment total* de la molécule dans le milieu donné.

Avec $\alpha = [(n^2-1)/(n^2+2)]\,a^3$, on obtient en utilisant (5)

$$m^\star = \frac{n^2+2}{3}\,\frac{D(2+2\varkappa a+\varkappa^2 a^2) + (1+\varkappa a)}{D(2+2\varkappa a+\varkappa^2 a^2) + n^2(1+\varkappa a)}\,m.$$

Si dans cette expression on pose $\varkappa = 0$, on obtient la formule d'Onsager (3)

$$m_{(0)}^\star = \frac{n^2+2}{3}\,\frac{2D+1}{2D+n^2}\,m$$

qui a été atteinte avec la restriction que m est le moment d'un dipôle ponctuel.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Étude calorimétrique de la déshydratation du gypse.* Note de M. **Max Michel**, présentée par M. Paul Pascal.

Nous avions en vue d'effectuer une détermination expérimentale directe de la chaleur de déshydratation du gypse en utilisant un microcalorimètre construit spécialement pour l'étude thermique des réactions se produisant aux moyennes et hautes températures (100 à 1000° C).

Cet appareil est une adaptation du microcalorimètre de E. Calvet (1)

---

(3) *Voir* par exemple E. S. Amis, *Kinetics of Chemical Change in Solution*, Mc-Millan Co., 1949, p. 53.

(1) E. Calvet, *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 1702; *Cf.* E. Calvet et H. Prat, *Microcalorimétrie* (sous presse).

portant essentiellement sur l'utilisation de matériaux réfractaires dans la construction de l'appareil, sur la substitution de couples platine-platine rhodié aux couples fer-constantan et, enfin sur l'emploi d'un dispositif spécial de chauffage du bloc comportant une thermorégulation électronique.

Nos essais ont porté sur un échantillon de gypse bien cristallisé en fer de lance. 1 g environ de ce produit finement pulvérisé a été introduit dans un long tube en verre Pyrex de 8 mm de diamètre extérieur fermé à une extrémité. La poudre légèrement tassée a été recouverte d'un tampon d'amiante pour éviter les entraînements de matière au cours de la déshydratation. Ce tube de verre était lui-même placé dans la cellule laboratoire du microcalorimètre, la quantité de gypse mise en œuvre ayant été déterminée pour que le tampon d'amiante qui la surmonte affleurât le bord supérieur de cette cellule.

Le microcalorimètre étant stabilisé à la température de 90° C, température pour laquelle la décomposition du gypse était encore très lente à la pression atmosphérique, on mettait le tube à réaction en communication avec une pompe à vide (1 mm de mercure), ce qui avait pour effet de déclencher la décomposition du gypse. Sur le circuit du vide on avait préalablement disposé des tubes absorbeurs à P_2O_5 dont l'augmentation de poids indiquait la quantité d'eau libérée.

Lorsque la décomposition du gypse qui demandait environ 15 h était terminée, ce dont on était averti par la pesée des tubes à P_2O_5, on pesait le résidu demeuré dans le tube à réaction, résidu que l'on soumettait comme on le verra plus loin, à un traitement de réhydratation.

D'autre part, on étudiait la courbe enregistrée qui présentait un renflement endothermique important. Par planimétrage de cette courbe on déterminait la quantité de chaleur absorbée par la déshydratation du gypse.

En suivant ce mode opératoire, nous avons effectué sur le même échantillon de gypse, trois essais dont voici les résultats :

Essai 1 : 25,5 kcal/mole. Essai 2 : 25,2 kcal/mole. Essai 3 : 25,98 kcal/mole.

Valeur moyenne : 25,7 kcal/mole.

Le rendement thermique de la réaction est donnée en kilocalories par molécule de gypse transformée en sulfate anhydre.

Remarquons que le planimétrage de la courbe nous fournissait la chaleur de déshydratation à 90° C sous un vide de 1 mm Hg. Nous avons ramené les résultats aux conditions standard, d'une part en appliquant la formule de Kirschoff et, d'autre part, en apportant une correction correspondant au travail volume-pression dans une transformation thermomécanique.

En vue de vérifier nos résultats, nous avons effectué dans un microcalorimètre Calvet pour températures ordinaires la rehydratation par l'eau

liquide des échantillons obtenus en fin d'essai. Le dispositif employé a déjà été décrit ([2]). Les courbes enregistrées obtenues présentaient régulièrement un premier pic exothermique dû au mouillage suivi d'un deuxième renflement exothermique (courbe en cloche) correspondant à l'hydratation chimique. Ces courbes étaient identiques à celles obtenues dans la rehydratation de l'alumine activée ([1]) ou dans celle des aluminates de calcium ([3]). Leur intégration nous a fourni les chaleurs de rehydratation de SO_4Ca anhydre.

En faisant abstraction de la chaleur de mouillage on a trouvé pour les trois déterminations : 5,83, 5,87 et 5,82 kcal/mole à 19-21°.

Chassevent ([4]) avait trouvé 3,6 kcal pour la chaleur de transformation du semi-hydrate en gypse et 2,7 kcal pour celle du SO_4Ca anhydre en semi-hydrate, soit en tout 6,3 kcal.

Toutefois il ne séparait pas la chaleur de mouillage de la chaleur d'hydratation proprement dite.

Il est intéressant de comparer les chaleurs trouvées dans la déshydratation du gypse et dans la rehydratation inverse du produit de cette déshydratation. En tenant compte du fait que la rehydratation a été faite en présence d'eau liquide tandis que la déshydratation a fourni de l'eau vapeur, on doit avoir au moins en première approximation :

Chaleur de déshydratation = Chaleur de rehydratation + 2 × 10,5 kcal produisant de l'eau à l'état *de vapeur* à partir d'*eau liquide*.

Si nous prenons 25,7 kcal/mole pour la chaleur de déshydratation du gypse, la chaleur de rehydratation ainsi calculée serait 4,7 kcal/mole, c'est-à-dire un peu inférieure à celle que nous avons obtenue expérimentalement.

CHIMIE THÉORIQUE. — *Calcul des grandeurs caractéristiques d'une molécule à partir des dérivées partielles de l'équation séculaire.* Note de M. **Isaac Samuel**, présentée par M. Louis de Broglie.

1. Cas où tous les niveaux d'énergie de la molécule sont simples. — A. *Expressions des différentes grandeurs* ([1]). — Charge de l'atome r :

$$q_r = 2\sum_{j=1}^{m}\left(\frac{\partial \varepsilon_j}{\partial \alpha_r}\right)_{\Delta=0}.$$

([2]) E. Calvet et H. Thibon, *Bull. Soc Chim.*, 1954, p. 1943.

([3]) E. Calvet et P. Longuet, Communication au 27e Congrès de Chimie Industrielle, Bruxelles, 1954.

([4]) *Ann. Chim.*, 6, 1926, p. 628.

([1]) Coulson et Longuet-Higgins, *Proc. Roy. Soc.*, A 191, 1947, p. 40.

Indice d'autopolarisabilité de l'atome r :

$$\pi_{r,r} = 2\sum_{j=1}^{m}\left(\frac{\partial^2 \varepsilon_j}{\partial \alpha_r^2}\right)_{\Delta=0}.$$

Indice de liaison de la liaison entre les atomes r et s :

$$p_{rs} = \sum_{j=1}^{m}\left(\frac{\partial \varepsilon_j}{\partial \beta_{rs}}\right)_{\Delta=0}.$$

On peut donc résoudre les problèmes de calcul des dites grandeurs en établissant les expressions des dérivées partielles de l'énergie ε par rapport aux éléments du déterminant séculaire et en calculant leurs valeurs pour les valeurs ε_j de ε solutions de l'équation séculaire.

B. *Principe de la méthode.* — Notations :
α_r, intégrale coulombienne de l'atome r;
a_s, » » » s;
p_{rs}, intégrale de résonance de ces deux atomes.

L'équation séculaire de la molécule considérée M s'écrit dans le cadre de la méthode des combinaisons linéaires d'orbitales atomiques négligeant les intégrales de recouvrement des atomes éloignés :

$$F(\ldots \alpha_r - \varepsilon,\ \alpha_s - \varepsilon,\ \beta_{rs} \ldots) = 0.$$

Désignons par μ l'un quelconque des paramètres α et β qui sont, en général, les données du problème. Si l'on impose à μ une variation infiniment petite $d\mu$, on obtient une nouvelle molécule M′ dont l'équation séculaire est

$$F + dF = 0.$$

On obtient les différents niveaux d'énergie $\varepsilon_j + (\partial\varepsilon_j/\partial\mu)\,d\mu$ de M′ à partir des niveaux correspondants ε_j de M en posant

$$dF = \left(\frac{\partial F}{\partial \varepsilon}\frac{\partial \varepsilon}{\partial \mu} + \frac{\partial F}{\partial \mu}\right)d\mu = 0 \qquad \text{pour} \quad \varepsilon = \varepsilon_j.$$

C. *Résultats.* — On arrive ainsi aux expressions que nous avions déjà établies précédemment ([2]), ([3]).

(1) $$\frac{\partial \varepsilon}{\partial \alpha_r} = -\frac{\dfrac{\partial F}{\partial \alpha_r}}{\dfrac{\partial F}{\partial \varepsilon}},$$

(2) $$\frac{\partial \varepsilon}{\partial \beta_{rs}} = -\frac{\dfrac{\partial F}{\partial \beta_{rs}}}{\dfrac{\partial F}{\partial \varepsilon}}.$$

(2) I. SAMUEL, *Comptes rendus*, 240, 1955, p. 92.
(3) I. SAMUEL, *Comptes rendus*, 240, 1955, p. 2075.

Pour obtenir $\partial^2\varepsilon/\partial^2\alpha_r$, il suffit de poser $d^2F = 0$ pour $\varepsilon = \varepsilon_j$. On a ainsi

$$(3) \qquad \frac{\partial^2\varepsilon}{\partial^2\alpha_r} = -\frac{\dfrac{\partial^2 F}{\partial\varepsilon^2}\left(\dfrac{\partial\varepsilon}{\partial\alpha_r}\right)^2 + 2\dfrac{\partial^2 F}{\partial\varepsilon\,\partial\alpha_r}\left(\dfrac{\partial\varepsilon}{\partial\alpha_r}\right)}{\dfrac{\partial F}{\partial\varepsilon}}.$$

2. CAS DES NIVEAUX D'ÉNERGIE DOUBLES. — A. *Modification du calcul.* — Un tel niveau ε_j se décompose en deux niveaux ε'_j et ε''_j. L'application de la théorie des perturbations montre [4] que les contributions de ces niveaux sont respectivement :

$$\text{pour } q_r : \quad \frac{\partial\varepsilon'_j + \partial\varepsilon''_j}{\partial\alpha_r};$$

$$\text{pour } \pi_{r,r} : \quad \frac{\partial^2\varepsilon'_j + \partial^2\varepsilon''_j}{\partial\alpha_r^2};$$

$$\text{pour } p_{rs} : \quad \frac{\partial\varepsilon'_j + \partial\varepsilon''_j}{\partial\beta_{rs}}.$$

Cependant l'emploi de la relation $dF = 0$ n'aboutit à aucun résultat. En effet $\partial F/\partial\varepsilon$ est nul et l'on démontre que $\partial F/\partial\mu$ est nul également. On obtient donc les dérivées premières de l'énergie en annulant d^2F et les dérivées secondes en annulant d^3F.

B. *Résultats.* — Le calcul montre que $(\partial\varepsilon'_j/\partial\alpha_r)$ et $(\partial^2\varepsilon'_j/\partial\alpha_r^2)$ sont nuls. Les contributions du niveau aux différentes grandeurs se calculent respectivement au moyen des expressions suivantes :

$$(4) \qquad \frac{\partial\varepsilon''_j}{\partial\alpha_r} = -2\frac{\partial^2 F}{\partial\varepsilon\,\partial\alpha_r},$$

$$(5) \qquad \frac{\partial^2\varepsilon_j}{\partial\alpha_r^2} = -\frac{2}{3}\,\frac{\dfrac{\partial^3 F}{\partial\varepsilon^3}\left(\dfrac{\partial\varepsilon}{\partial\alpha_r}\right)^2 + 3\dfrac{\partial^3 F}{\partial\varepsilon^2\partial\alpha_r}\left(\dfrac{\partial\varepsilon}{\partial\alpha_r}\right)}{\dfrac{\partial^2 F}{\partial\varepsilon^2}},$$

$$(6) \qquad \frac{\partial\varepsilon'_j + \partial\partial\varepsilon''_j}{\partial\beta_{rs}} = -\frac{\dfrac{2\,\partial^2 F}{\partial\varepsilon\,\partial\beta_{rs}}}{\dfrac{\partial^2 F}{\partial\varepsilon^2}}.$$

3. EXEMPLE DE CALCUL. CAS DU BENZÈNE. — On a $\beta_{12} = \beta_{23} = \ldots = \beta = 1$:

$$\frac{\alpha_1 - \varepsilon}{\beta} = y_1, \quad \ldots, \quad \frac{\alpha_6 - \varepsilon}{\beta} = y_6, \quad y_1 = y_2 = \ldots = y_6 = y.$$

On a évidemment

$$\frac{\partial F}{\partial\alpha_1} = \frac{\partial F}{\partial y_1}.$$

---

[4] L. PAULING et G. W. WHELAND, *J. Amer. Chem. Soc.*, 57, 1935, p. 2086.

Écrivons l'équation séculaire de façon à faire apparaître y_1 et β_{12} :

$$F = y_1 y^5 - 4y_1 y^3 - \beta_{12}^2 y^4 - y^4 + 3\beta_{12}^2 y^2 + 3y^2 + 3y_1 y - 2\beta_{12} - \beta_{12}^2 - 1,$$

$$\frac{\partial F}{\partial \alpha_1} = y^5 - 4y^3 + 3y, \qquad \frac{\partial^2 F}{\partial \varepsilon \partial \alpha_1} = -(5y^4 - 12y^2 + 3), \qquad \frac{\partial^3 F}{\partial^2 \varepsilon \partial \alpha_1} = 20y^3 - 24y;$$

$$\frac{\partial F}{\partial \beta_{12}} = -2(y^4 - 3y^2 + 2), \qquad \frac{\partial^2 F}{\partial \varepsilon \partial \beta_{12}} = 4y(2y^2 - 3), \qquad \frac{\partial F}{\partial \varepsilon} = -6\frac{\partial F}{\partial \alpha_1};$$

$$\frac{\partial^2 F}{\partial \varepsilon^2} = -6\frac{\partial^2 F}{\partial \alpha_1 \partial \varepsilon}, \qquad \frac{\partial^3 F}{\partial \varepsilon^3} = -6\frac{\partial^3 F}{\partial^2 \varepsilon \partial \alpha_1};$$

Les grandeurs calculées ci-après sont présentées sous forme de somme de deux termes, le premier obtenu par application des formules (1), (2), (3), à la racine simple $y = -2$, le second en appliquant les formules (4), (5), (6), à la racine double $y = -1$.

$$q_1 = 2\left(\frac{1}{6} + \frac{1}{3}\right) = 1,$$

$$\pi_{1,1} = 2\,(0{,}162 + 0{,}037) = 0{,}4; \qquad p_{1,2} = \frac{1}{3} + \frac{1}{3} = \frac{2}{3}.$$

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la dissociation des acides méthyl-2 benzoïques para ou orthosubstitués.* Note de M. **Daniel Peltier**, présentée par M. Marcel Delépine.

L'auteur détermine la constante de dissociation thermodynamique, à 20 °C, de divers acides méthyl-2 benzoïques, substitués en position — 4 ou — 6 par différents groupements; les résultats mettent en évidence que l'influence de l'effet mésomère d'un substituant donné présente des différences marquées selon que ce substituant est en position para ou ortho.

Les constantes ci-après ont été déterminées dans les mêmes conditions que celles des acides méthyl-2 benzoïques métasubstitués, récemment publiées [1] : titrage électrométrique, à 20 °C, en solution hydroalcoolique à 1 % d'alcool en volume; concentrations M/1 000 ou M/2 000. La précision est de 0,02 unité pK pour les acides les plus faibles à 0,05 unité pK pour les acides les plus forts.

On trouvera, dans des Notes antérieures [2], les modes de préparation de ces divers acides.

La comparaison de ces résultats et de ceux obtenus pour les acides orthotoluiques métasubstitués [1] appelle les remarques suivantes :

1° les forces des acides parasubstitués sont dans l'ordre prévu par les effets inductif et mésomère du substituant; en particulier les halogènes ne présentent qu'un effet +M très faible.

---

(1) D. Peltier, *Comptes rendus*, **241**, 1955, p. 57.

(2) D. Peltier, *Comptes rendus*, **238**, 1954, p. 2430.

	F (°C).	pK.	K.10.[5].
Acide méthyl-2 benzoïque	104	3,98	10,5
» nitro-4 méthyl-2 benzoïque	153	2,95	112
» nitro-6 » »	155	2,40	398
» cyano-4 méthyl-2 benzoïque	195	3,14	72,4
» chloro-4 méthyl-2 benzoïque	170	3,75	17,8
» chloro-6 » »	104	2,75	178
» bromo-4 méthyl-2 benzoïque	182	3,77	17,0
» bromo-6 » »	108	2,71	195
» iodo-4 méthyl-2 benzoïque	172	3,79	16,2
» iodo-6 » »	115	2,70	200
» hydroxy-4 méthyl-2 benzoïque	178	4,71 (*)	1,95
» hydroxy-6 » »	173	3,53	29,5
» méthoxy-4 méthyl-2 benzoïque	177	4,54	2,88
» méthoxy-6 » »	141	3,46	34,7
» éthoxy-4 méthyl-2 benzoïque	146	4,54	2,88
» éthoxy-6 » »	93	3,51	30,9
» amino-4 méthyl-2 benzoïque	165	5,17 (**)	0,68
» amino-6 » »	128	3,73	18,7
» acétamino-4 méthyl-2 benzoïque	247	4,12	7,59
» acétamino-6 » »	189	3,28	52,5

(*) Nous avons vérifié, sur les esters hydroxy correspondants, que la dissociation des groupes OH était négligeable.

(**) Il a été tenu compte des ions $^+NH_3ArCO_2H$ et $^+NH_3ArCO_2^-$; la constante K représente la dissociation de l'acide, sous l'influence du groupe NH_2 supposé invariable.

Si l'on applique aux acides orthotoluiques, substitués en — 4, l'équation de Hammett, $\log K_X - \log K_H = \sigma\rho$, avec ρ très voisin de 1, on trouve des σ expérimentaux nettement différents des σ_{para} de Hammett ([3]); la différence est d'autant plus marquée que le substituant a un plus grand effet mésomère, et tout se passe comme si la présence du groupe CH_3 — 2 « exaltait » l'effet mésomère du substituant — 4; un tel phénomène a déjà été signalé pour quelques acides méthylol-2 benzoïques parasubstitués ([4]). Il en résulte que l'additivité des actions du groupe CH_3 — 2 et du substituant, valable pour la série 5 ([1]), n'est valable en série 4 que si l'effet mésomère du substituant envisagé est très faible, c'est-à-dire pratiquement pour les seuls halogènes.

2° Les acides substitués en — 6 sont toujours plus forts que leurs homologues méta et para, conformément à l'effet ortho normal. De plus, l'ordre de force décroissante des acides — 6 est le même que celui des acides — 5 pour lesquels l'effet inductif joue seul; il semble donc que l'effet mésomère du substituant en ortho ait peu d'influence.

Nous devons enfin signaler un résultat remarquable : alors que l'acide salicylique a, dans nos conditions expérimentales, un pK de 3,07 [3,00 dans

([3]) *J. Amer. Chem. Soc.*, 59, 1937, p. 96.

([4]) J. Tirouflet, *Bull. Soc. Chim.*, 1954, p. 771.

l'eau pure à 25°C d'après Dippy et Lewis [5]], l'acide méthyl-2 hydroxy-6 benzoïque a seulement un pK de 3,53, voisin de celui des acides méthoxy-6 et éthoxy-6. Ce résultat semble indiquer une modification importante dans la liaison hydrogène invoquée pour expliquer la force anormale de l'acide salicylique.

Une discussion plus détaillée de l'ensemble de ces résultats sera publiée prochainement.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'obtention de nouveaux colorants azoïques possédant une liaison vinylique en position ortho.* Note M. **Joseph Aboulafia**, présentée par M. Marcel Delépine.

L'orthovinylaniline (orthoaminostyrolène) a été diazotée; le sel de l'orthovinylbenzènediazonium en solution a été copulé avec le β-naphtol, la résorcine, la β-naphtylamine. Les spectres d'absorption des colorants obtenus ont été comparés avec ceux des azoïques correspondants dérivés de l'aniline; l'influence d'un groupe vinyle en ortho par rapport à la fonction azo est faible.

Les aminostyrolènes, peu étudiés jusqu'à présent, commencent à faire l'objet de recherches par suite de leur possibilité d'emploi en Chimie macromoléculaire. Ils étaient obtenus à l'origine par réduction des trois nitrostyrolènes, eux-mêmes dérivant de la décarboxylation des trois acides nitrocinnamiques; les dérivés ortho et para sont préparés maintenant de préférence en déshydratant les alcools phényléthyliques correspondants.

L'orthoaminostyrolène obtenu d'abord par Komppa [1] puis par Sabetay [2], n'avait pas encore été diazoté; j'ai effectué la diazotation en opérant dans les conditions habituelles. Sans rechercher à isoler le sel de diazonium à l'état solide, j'en ai réalisé la copulation en solution avec certains phénols et amines aromatiques. Les nouveaux colorants sont des substances cristallisables, solubles dans les solvants organiques usuels; leurs points de fusion sont nets après deux cristallisations dans le cyclohexane.

La comparaison de leurs spectres d'absorption avec ceux des dérivés non vinylés correspondants montre que l'influence de la double liaison vinylique en ortho est faible, sinon négligeable; elle se traduit par un léger glissement de l'ensemble de l'absorption vers les grandes longueurs d'onde et une faible augmentation d'intensité pour les bandes principales. Dans le cas de l'orthoaminostyrolène et de l'aniline ces effets sont particulièrement marqués (*fig.* 1); ils sont atténués dans le spectre du 2-vinylbenzénazo β naphtol (*fig.* 2) et dans

(5) *J. Chem. Soc.*, 1937, p. 1425.

(1) *Ber*, 26, 1893, p. 677.

(2) S. Sabetay et T. Mitsou, *Bull. Soc. Chim.*, 45, 1929, p. 842; S. Sabetay, J. Bleger et Y. de Lestange, *Bull. Soc. Chim.*, 49, 1931, p. 3.

celui du 2-vinylbenzénazorésorcine (*fig.* 3); et encore moins nets dans le 2-vinylbenzénazo-β naphtylamine (*fig.* 4); on observe des effets identiques avec les sels dérivant de ces composés azoïques.

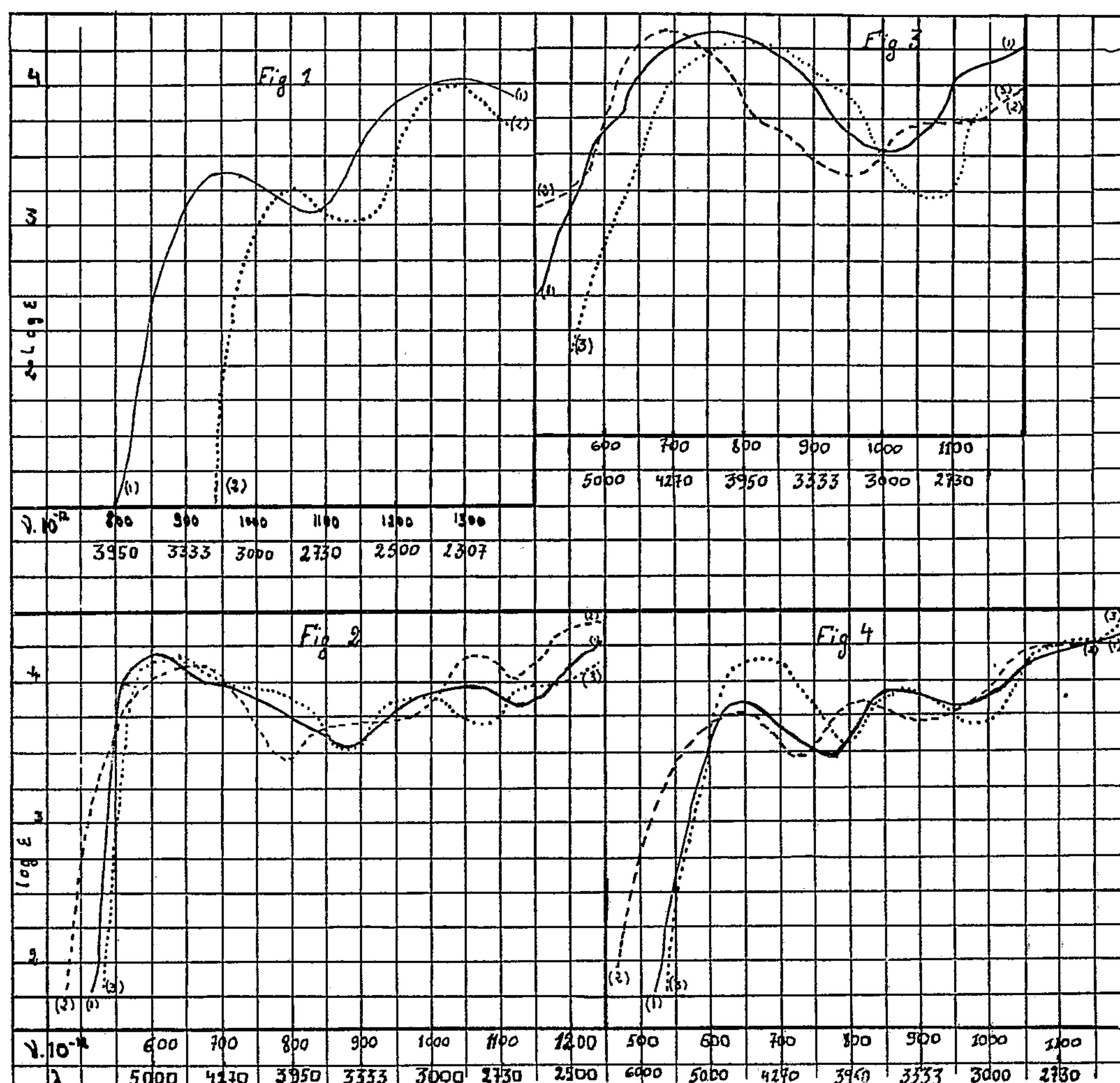


Fig. 1. — (1) 2-vinylaniline (alcool); (2) aniline (alcool).

Fig. 2. — (1) 2-vinylbenzèneazo β-naphtol (alcool); (2) 2-vinylbenzèneazo β-naphtol (soude N/10); (3) benzèneazo β-naphtol (alcool).

Fig. 3. — (1) 2-vinylbenzèneazorésorcine (alcool); (2) 2-vinylbenzèneazorésorcine (soude N/10); (3) benzèneazorésorcine (alcool).

Fig. 4. — (1) 2-vinylbenzèneazo β-naphtylamine (alcool); (2) 2-vinylbenzèneazo β-naphtylamine (HCl N/10); (3) benzèneazo β-naphtylamine (alcool).

L'influence spectrale de la double liaison vinylique en ortho est faible; toutefois si, à première vue, ces nouveaux colorants ne présentent guère d'avantages sur les azoïques ordinaires, leur intérêt réside dans la présence de la double liaison qui permet de les copolymériser avec d'autres monomères du type vinylique, afin d'obtenir des hauts polymères colorés.

PARTIE EXPÉRIMENTALE. — *Orto-aminostyrolène* : C_8H_9N. — Ce corps a été préparé suivant la méthode indiquée par Sabetay ($É_{14}$ 102°).

2-vinylbenzènazo β-naphtol : $C_{18}H_{14}ON_2$. — L'orthoaminostyrolène (1 mol) dissous dans l'acide chlorhydrique dilué (10 %) refroidi à 5°, est diazoté au moyen d'une solution aqueuse de nitrite de sodium (1 mol). La liqueur contenant le chlorure de 2-vinylbenzènediazonium est versée dans une solution alcaline de β-naphtol (1 mol). L'hydroxyazoïque rouge brun précipite et, après recristallisation dans le cyclohexane, il se présente sous forme de cristaux rouge vif, F 128°.

Calculé %, C 78,8; H 5,1; O 5,8; N 10,2; trouvé %, C 78,3; H 5,5; O 5,1; N 10,3.

2-vinylbenzènazorésorcine : $C_{14}H_{12}O_2N_2$. — La solution de chlorure de 2-vinylbenzènediazonium obtenue précédemment est versée dans une solution alcaline de résorcine (1 mol); une coloration rouge brique intense apparaît. Par addition de HCl dilué, le 2-vinylbenzènazorésorcine précipite; par recristallisation dans le cyclohexane on obtient un solide rouge brique, F 98°.

Calculé %, C 70,0; H 5,0; O 13,3; N 11,7; trouvé %, C 68,9; H 5,3; O 12,7; N 11,8.

2-vinylbenzènazo β-naphtylamine : $C_{18}H_{15}N_3$. — En opérant de façon analogue et avec une solution alcoolique de β-naphtylamine, on obtient un précipité du chlorhydrate de l'aminoazoïque que l'on dissout dans l'eau. La base est libérée par l'ammoniaque diluée; elle se dépose dans l'alcool en cristaux rouge grenat, F 120°.

Calculé %, C 79,1; H 5,5; N 15,4; trouvé %, C 80,6; H 5,1; N 15,5.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Hydrobenzoïnes anthracéniques. Leurs transpositions transannulaires. Leur scission hydrolytique en milieu acide.* Note (*) de MM. **Guy Rio** et **André Ranjon**, présentée par M. Charles Dufraisse.

Scission hydrolytique, par chauffage avec de l'acide acétique pur, de (dihydroxy-1'.2' phényl-2' éthyl)-9 anthracènes substitués en 10, avec formation d'anthraldéhydes substitués. Réduction de ces diols par IK+CH_3CO_2H en styryl-9 anthraldéhydes substitués; il y a double déshydratation, et non réduction, si le substituant est le radical phényl-2' éthyle.

Les α-diols de formules II*a*, II*b* et II*c* ont été préparés et étudiés Le premier, II*a*, de formule $C_{30}H_{26}O_2$, F_{inst} 185-186°, a été obtenu par réduction par AlH_4Li de la dicétone correspondante VIII*a* (1). Pour le second, II*b*, $C_{30}H_{24}O_2$, F_{inst} 180-181° et 197-198°, nous sommes partis du phényléthynyl-9 styryl-10 anthracène, VI*c* (2), qui a été hydraté en

(*) Séance du 7 novembre 1955.

(1) G. Rio, *Ann. Chimie*, (12), 9, 1954, p. 220.

phénylacétyl-9 styryl-10 anthracène, VII*b* ($C_{30}H_{22}O$, F_{inst} 149-150° et 165-166°); cette monocétone a été oxydée par SeO_2 en dicétone VIII*b* ($C_{30}H_{20}O_2$, F_{inst} 167-168° et 179-180°), que l'on a réduite en diol par AlH_4Li. Le troisième, II*c*, a été décrit [2].

1. La fonction α-diol de ces corps est sensible à l'action des acides, même dans des conditions douces (acide acétique). Les transformations que l'on a fait subir à cette fonction sont de deux types : scission et réduction.

La scission, qui donne avec de bons rendements des anthraldéhydes substitués, IX, a été observée si l'on chauffe les diols en solution acétique; elle ne se produit pas par chauffage en milieu neutre (toluène).

Les trois aldéhydes, IX*a*, $C_{23}H_{18}O$, F_{inst} 129-130°, jaune (oxime $C_{23}H_{19}ON$, F_{inst} 220-221°), IX*b*, $C_{23}H_{16}O$, F_{inst} 190-191° et 191-192°, orangé (oxime $C_{23}H_{17}ON$, F_{inst} 231-232° et 261-262°), IX*c*, $C_{23}H_{14}O$, F_{inst} 179-180° et 184-185°, orangé (oxime $C_{23}H_{15}ON$, F_{inst} 208-209°) ont été obtenus plus normalement par scission oxydante sous l'influence de l'acide periodique.

La réduction en éthyléniques, VI*b* et VI*c*, a été réalisée en faisant réagir une solution acétique d'iodure de potassium sur les diols II*b* et II*c*. On a obtenu ainsi le distyryl-9.10 anthracène VI*b* (isomère de fusion élevée) [3] et le phényléthynyl-9 styryl-10 anthracène VI*c*.

Le diol II*c* a donné, de façon constante, quel que soit le milieu, et en plus de IX*c* ou de VI*c* (suivant le cas), de petites quantités de la cétone acétylénique X*c* [2] et du diacétylénique I*c* [4]. Ce dernier corps se forme même, il est vrai avec un faible rendement (5 %), dans l'acétylation du diol II*c* par l'anhydride acétique, qui donne principalement le diester acétique correspondant, $C_{34}H_{26}O_4$, F_{inst} 181-182°. Il se produit ici une réaction inattendue : la déshydratation d'un α-diol donnant une triple liaison.

Dans le cas du diol saturé II*a*, l'iodure de potassium n'a pas provoqué de réduction, mais une double déshydratation transannulaire, conduisant au distyryl-9.10 anthracène VI*b*; on a isolé également un peu de cétone X*a* [1]. Si l'on remplace l'iodure par le chlorure de potassium, on observe les deux réactions de scission et de déshydratation, la première étant prédominante.

2. Il est vraisemblable que les réactions ci-dessus comportent comme premier stade un ion oxonium III formé par addition d'un proton sur un des deux hydroxyles du diol. Cet hydroxyle est celui qui est rendu le plus

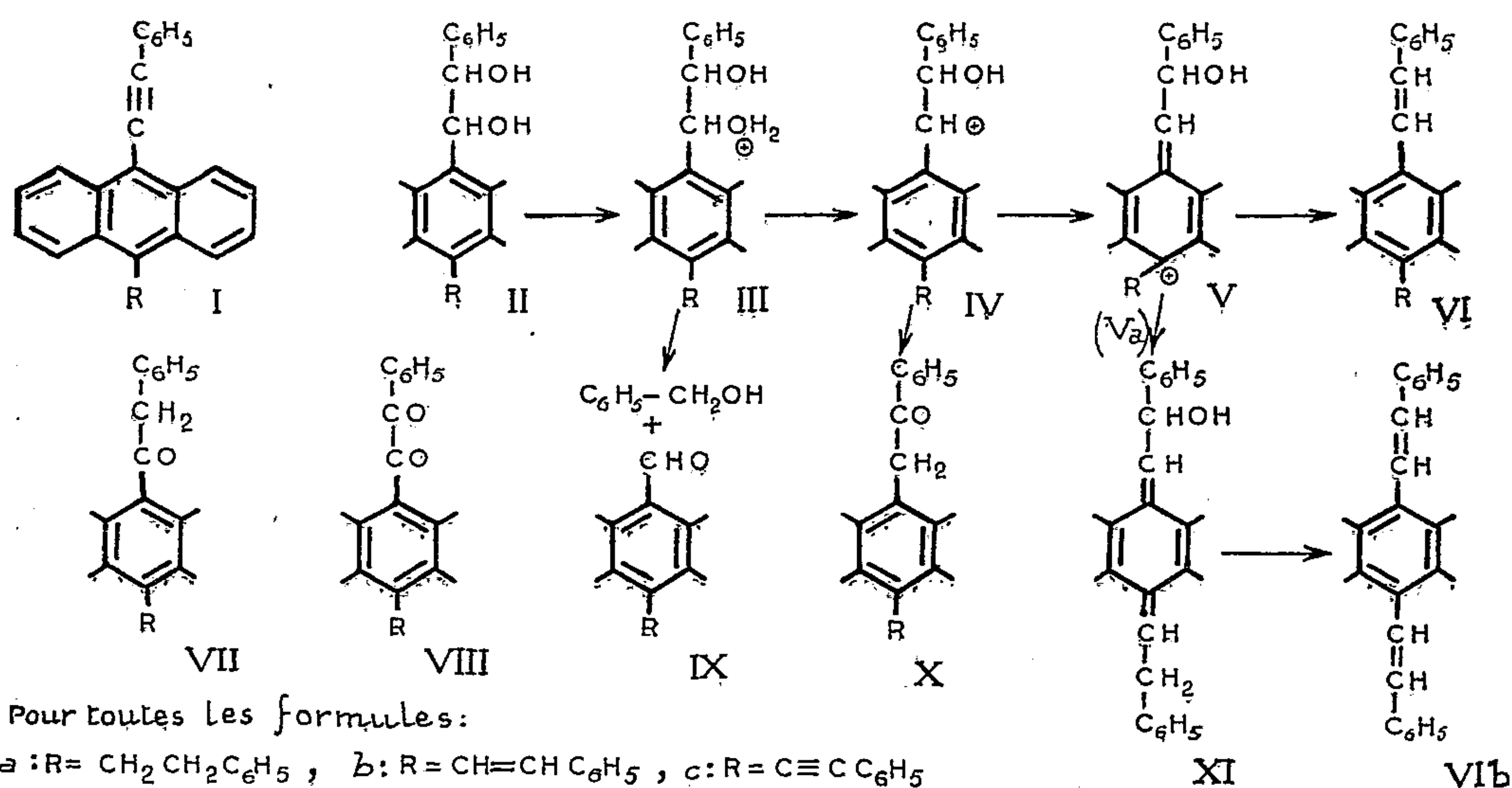
---

(2) G. Rio et A. Ranjon, *Comptes rendus*, 240, 1955, p. 98.

(3) G. Rio, *loc. cit.*, p. 189.

(4) G. Rio, *loc. cit.*, p. 186.

basique par la proximité du système anthracénique dont l'effet inductif positif est connu. On peut supposer que cet ion évolue de diverses manières suivant la force de l'acide.



a. Les solutions acétiques de ClK, et surtout de IK, étant d'acidité notablement plus élevée que celle de l'acide acétique pur ([5]), on peut admettre qu'elles favorisent la transformation de III en ion carbénium IV. Celui-ci donnerait naissance à la cétone X par la migration d'un hydrogène; la transposition hydrobenzoïnique (migration du phényle) n'a pas été observée.

La réduction en hydrocarbure VI se ferait grâce à deux migrations anionotropiques, accompagnées d'une réduction, le premier intermédiaire étant seul représenté (V).

L'ion V*a*, provenant du diol saturé II*a*, pourrait perdre un proton aux dépens d'un des méthylènes de la chaîne latérale non oxygénée, en donnant un intermédiaire XI. Une seconde deshydratation du même type fournirait finalement VI*b*.

b. La scission étant favorisée par un milieu qui n'est ni oxydant ni réducteur, on peut la considérer comme une coupure hydrolytique d'une liaison carbone-carbone. L'hydroxyle peut se fixer théoriquement sur l'un quelconque des deux carbones, qui deviendra aldéhydique, l'autre restant alcoolique. En fait, c'est le carbone voisin du noyau anthracénique qui a capté l'hydroxyle, puisque nous n'avons isolé que des anthraldéhydes (l'alcool benzylique n'a pas été recherché, par suite des trop faibles quan-

([5]) I. M. Kolthoff et A. Willman, *Amer. Soc.*, 56, 1934, p. 1014.

tités formées). Les anthranylcarbinols et le benzaldéhyde, qu'aurait produits l'hydrolyse dans l'autre sens, n'ont pas été entrevus.

Nous avons été très étonnés de cette scission d'α-diols. Ceux-ci ne sont en effet, rien d'autre que des hydrobenzoïnes, type de corps dont le comportement en milieu acide a été étudié par de nombreux auteurs. Aucun ne semble avoir observé un tel phénomène de scission hydrolytique; d'ailleurs nous avons vérifié que l'hydrobenzoïne elle-même n'est pas scindée si on la chauffe avec de l'acide acétique, c'est-à-dire dans des conditions efficaces pour nos diols.

Si l'on recherche à quoi est due une telle différence on ne voit que le remplacement d'un aryle simple par un anthranyle, c'est-à-dire l'intervention du caractère spécial d'un mésosommet s'exerçant vraisemblablement par l'effet inductif évoqué plus haut.

Le mécanisme proprement dit de la scission ne nous apparaît pas clairement; peut-être l'ion oxonium III en est-il le premier intermédiaire.

3. Par chauffage avec la potasse méthylique, les diols II*a* et II*b* ne subissent la scission décrite plus haut qu'en proportions assez faibles. Par contre, le diol *acétylénique* II*c* est attaqué assez rapidement; le corps formé avec un bon rendement est l'aldéhyde *éthylénique* IX*b*.

Il ne s'agit pas d'une simple hydrogénation de la triple liaison, car l'hydrocarbure I*a* [6] n'est pas altéré dans ces conditions. Le fait suivant rend probable une migration intramoléculaire de deux hydrogènes de la fonction α-diol à la triple liaison, accompagnée de scission. En effet, la potasse méthylique est sans action sur un mélange équimoléculaire de diol II*a* et d'hydrocarbure I*a*, molécules contenant l'une la fonction α-diol, l'autre la triple liaison, qui sont réunies chez le diol II*c*.

Le mécanisme de cette réaction est en cours d'étude.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Propriétés de trois naphtacénones dérivant de l'isooxyrubrène.* Note (*) de M. **Jacques Perronnet**, présentée par M. Charles Dufraisse.

Les alcools provenant de l'hydrogénation de la triphénylhydroxynaphtacénone et de la diphénylphénylènenaphtacénone ont été préparés, ainsi que les hydrocarbures issus de la déshydratation de ces alcools. L'hydrogénation de la triphénylnaphtacénone a conduit au triphénylnaphtacène, tandis que sa phénylation a permis le retour au rubrène.

Les structures de trois cétones, dont le squelette dérive de celui du triphénylnaphtacène, I, ont été récemment établies. Ces corps sont :

---

(6) G. Rio, *loc. cit.*, p. 218.

(*) Séance du 7 novembre 1955.

l'hydroxy-9 triphényl-9.11.12 céto-10 dihydro-9.10 naphtacène, XI, [1]; le phénylène-9.12 diphényl-9.11 céto-10 dihydro-9.10 naphtacène, XVI, et le triphényl-9.11.12 céto-10 dihydro-9.10 naphtacène, III, [2]. Voici quelques-unes de leurs propriétés étudiées en vue de constituer un réseau de recoupements pour confirmer les structures proposées.

a. L'hydroxynaphtacénone XI apparaît comme le produit terminal de réactions d'hydrolyse et d'oxydation : hydrolyse normale de l'isooxyde de rubrène, VI, [2], hydrolyse oxydante du phénoxy-9 triphényl-10.11.12 naphtacène, VII, [1]. Nous venons d'établir que cette hydroxycétone est le produit d'oxydation par NO_3H du triphénylnaphtacène, I; qu'elle est aussi le terme de l'autoxydation de la naphtacénone III ou VIII; et enfin, qu'elle est le corps jaune signalé par Badoche [3] comme résultant de la photooxydation en milieu alcoolique du triphényl-9.10.11 naphtacène carboxylate-12 de sodium.

L'hydrogénation de cette cétone XI a été effectuée de deux manières. Par Zn en acide acétique on obtient le triphénylnaphtacène, I. Une hydrogénation plus douce a été réalisée avec $AlLiH_4$ en tétrahydrofuranne; elle conduit, avec un très bon rendement, au diquinol attendu, le dihydroxy-9.10 triphényl-9.11.12 dihydro-9.10 naphtacène, $C_{36}H_{26}O_2$, X, F_{inst} 256-257°, qui donne un solvate avec le benzène, $C_{36}H_{26}O_2 . C_6H_6$, F_{inst} 182-184° avec perte de solvant. Comme on pouvait le penser, le spectre d'absorption de ce diquinol triphénylé X ne diffère de celui du diquinol tétraphénylé XII, déjà connu [4], [5], que par un léger effet hypsochrome dû au remplacement d'un phényle par un hydrogène.

On supposait que la déshydratation du diquinol X aurait conduit à la cétone III par l'intermédiaire de son tautomère, l'hydroxytriphényl naphtacène, VIII. En fait on obtient, soit (SO_4H_2) le phénylène-9.12 diphényl-10.11 naphtacène, IX, comme produit principal, soit (acide acétique) un produit blanc, F_{inst} 245-246°, qui se forme avec de faibles rendements. Le spectre d'absorption de ce dernier corps indique une structure phénylène dihydronaphtacène. Nous n'en avons pas poursuivi l'étude.

b. L'hydrogénation de la cétone XVI a été effectuée également par $AlLiH_4$ en tétrahydrofuranne. Elle donne, avec un bon rendement, le carbinol diphénylé correspondant, l'hydroxy-10 phénylène-9.12 diphényl-9.11 dihydro-9.10 naphtacène, $C_{36}H_{24}O$, XV, F_{inst} 281-282°. Le spectre

---

(1) G. M. Badger, R. S. Pearce, H. J. Rodda et I. S. Walker, *J. Chem. Soc.*, 1954, p. 3151.

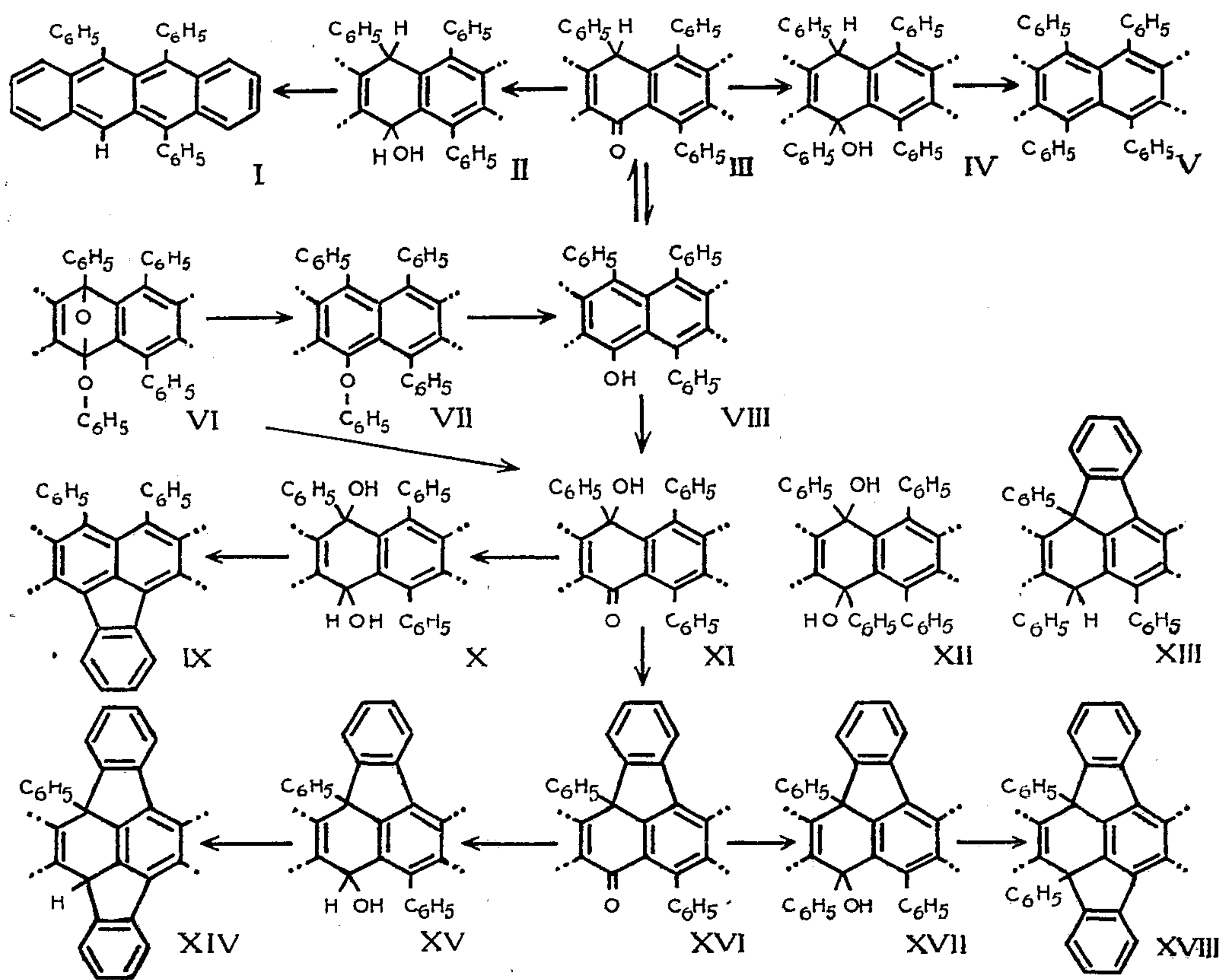
(2) C. Dufraisse, A. Étienne et J. Perronnet, *Comptes rendus*, 241, 1955, p. 142.

(3) 68e *Congrès des Sociétés savantes*, 1935, p. 197.

(4) C. Dufraisse et L. Velluz, *Comptes rendus*, 201, 1935, p. 1394.

(5) C. Dufraisse et P. Compagnon, *Comptes rendus*, 207, 1938, p. 585.

d'absorption, comme prévu, est analogue à ceux du carbinol triphénylé XVII, ([2]), et de l'hydrocarbure dont dérive celui-ci, le pseudorubrène, XIII, avec cependant, le léger effet hypsochrome attendu.



Le carbinol XV peut subir une nouvelle cyclisation par déshydratation (reflux en acide acétique avec 1 % SO_4H_2), ce qui conduit au diphénylène-9.12.10.11 phényl-9 dihydro-9.10 naphtacène, $C_{36}H_{22}$, XIV, F_{inst} 332-333°. En conformité avec la structure qui lui revient d'après sa formation, ce nouvel hydrocarbure présente une remarquable analogie de propriétés avec le diphénylènediphényl dihydro naphtacène, XVIII, connu depuis longtemps ([6]), ([7]) : faible solubilité, intense fluorescence violette des solutions, similitude des spectres d'absorption avec effet hypsochrome pour le nouveau corps. La principale différence réside dans les facilités de formation des deux hydrocarbures : alors que l'alcool tertiaire XVII donne presque quantitativement l'hydrocarbure XVIII, l'alcool secondaire XV

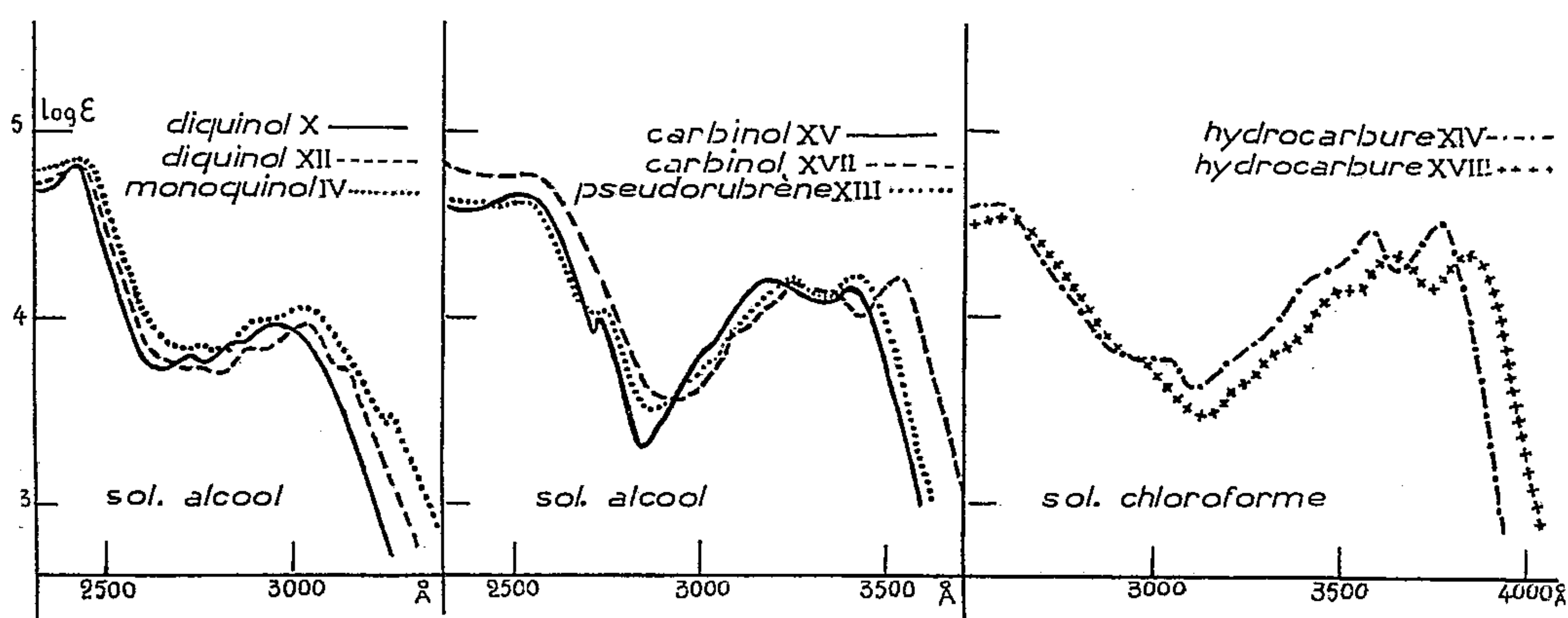
([6]) C. Dufraisse et M. Badoche, *Comptes rendus*, 193, 1931, p. 63.

([7]) C. Dufraisse et L. Enderlin, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 183; Ch. Dufraisse, *Bull. Soc. Chim.*, (5), 3, 1936, p. 1857.

ne donne l'hydrocarbure XIV qu'avec un rendement médiocre, ce qui n'a rien d'imprévu.

c. Chez la triphénylnaphtacénone III, la présence d'un proton en para du carbonyle confère certaines des propriétés des anthrones ([8]). Sans doute par suite de l'encombrement, la potasse en milieu alcoolique ne provoque pas l'énolisation; mais celle-ci se produit sous l'action de l'hydroxyde de triméthylbenzylammonium en solution alcoolique à l'ébullition (coloration verte). Nous avons effectué l'autoxydation de la cétone III en présence de ce même hydroxyde : il n'a pas été isolé d'hydroperoxyde intermédiaire, mais seulement l'hydroxytriphényl naphtacénone, XI.

En hydrogénant la cétone III par $AlLiH_4$ en tétrahydrofuranne, nous n'avons pu isoler le monoquinol II, et nous avons obtenu, avec de faibles rendements, le triphénylnaphtacène, I.



La phénylation aussi est assez malaisée. Nous avons tenu à la réaliser comme épreuve de la formule attribuée à la cétone III parce qu'elle permet un retour au rubrène, V, dont III provient, justifiant ainsi toutes les constitutions des intermédiaires de la chaîne de transformations : rubrène→photooxyde→isooxyde→phénoxyde→cétone→rubrène. Le phényllithium dans le benzène, agissant à chaud en tube scellé, provoque l'énolisation de la cétone accompagnée d'une coloration violette intense. Le bromure de phényl magnésium dans le tétrahydrofuranne conduit au rubrène avec de bons rendements. En opérant avec précautions on a pu isoler un produit blanc, F_{inst} 215-216°, auquel on a attribué la formule du monoquinol tétraphénylé IV en accord avec son mode de formation, son passage facile au rubrène, V, et l'analogie de son spectre avec celui du diquinol tétraphénylé XII. Il est à souligner au passage que cette réaction ouvre l'accès aux rubrènes non symétriques avec un aryle différent des trois autres.

([8]) C. Dufraisse, A. Étienne et J. Rigaudy, *Bull. Soc. Chim.*, (5), 15, 1948, p. 804.

GÉOLOGIE. — *Stratigraphie du Carbonifère du Tasili n'Ajjer et du Fezzan occidental.* Note (*) de M. **Jean-Michel Freulon**, présentée par M. Pierre Pruvost.

Un grand bassin carbonifère de plus de 600 km sur près de 800 occupe tout le Nord du Tasili n'Ajjer et une grande partie du Fezzan. Il se poursuit plus au Sud, en dehors des limites de cette étude, jusqu'au Kaouar, recouvert alors en grande partie par les Grès de Nubie de la « cuvette fezzanaise » (Mesak Settafet et Mellet, Mangueni, Monts de Toummo, Ben Guenema).

Bien que plusieurs reconnaissances géologiques (notamment celles de F. Foureau, N. Menchikoff, M. Lelubre, A. F. de Lapparent) [1] aient déjà fait connaître ce Carbonifère, de nombreux affleurements étaient restées à l'écart des principaux itinéraires et il restait à préciser une stratigraphie d'ensemble.

1. Tournaisien. — Du Nord de Fort-Polignac jusqu'au Chati, une importante transgression tournaisienne recouvre les formations antérieures, souvent même en légère discordance (comme le Gothlandien du Tihemboka). A l'Ouest de la frontière libyenne, entre I-n-Haberten et Anou Soug'ed, le niveau de base, ferrugineux, parfois conglomératique, avec des nodules phosphatés, renferme une faune abondante, caractéristique du Tournaisien supérieur : *Spirifer tornacensis*, *Sp. bisulcatus*, *Syringothyris cuspidata*, *Zaphrentis*, etc. Du Nord de Serdelès à Takioumet, il passe à un " bone-bed " à Arthrodires et dents de Cochliodontes et de Cestracionidés. Un niveau identique se retrouve vers Achkida (Chati).

Au Sud de l'erg d'Isaouan, ce niveau semble absent; mais immédiatement au-dessus des grès de la côte prétassilienne, terminée par des surfaces ferrugineuses, indice d'émersion, le Carbonifère débute par un banc calcaire à Rhynchonellidés.

Cet horizon de base est recouvert par une alternance de grès clairs, souvent lités, d'argiles vertes avec, localement, des passées calcaires fossilifères. A la partie supérieure, un banc de grès grossiers, à bois, se termine par un niveau à gros nodules calcaires, de plusieurs mètres de diamètre (1er niveau de « grès à champignons »). Ce Tournaisien supérieur est épais de près de 300 m à l'Est du bassin mais atteint plus de 500 m vers l'Ouest.

2. Viséen. — D'une épaisseur de 500 m environ dans la région de la

(*) Séance du 14 novembre 1955.

(1) N. Menchikoff, *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 949; A. Desio, *Die italienische Sahara* (*Ist. geol. pal. geogr. fis. Univ.*, Milan, 1942, sér. G, n° 3, p. 369-378); A. F. de Lapparent et M. Lelubre, *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 110.

frontière libyenne, il atteint presque 1000 m au Nord de l'erg d'Isaouan. Les faunes sont assez abondantes, mais pauvres en espèces caractéristiques si on les compare à celles du Carbonifère de l'Ahnet et de l'Immidir. On peut y distinguer :

a. Un Viséen inférieur, formé par une série argilo-gréseuse identique à celle du Tournaisien. Il s'y intercale quelques passées ferrugineuses et de minces lits calcaires (avec apparition de Productidés viséens et de très rares *Beyrichoceras*).

b. Un Viséen supérieur, comprenant de bas en haut : des calcaires à *Collenia* ([2]), bien développés dans la région de la frontière libyenne, alternent avec de minces niveaux d'argiles ou de grès et passent, vers le haut, à des calcaires oolithiques, parfois fossilifères : *Productus gr. semireticulatus*, *Syringothyris cuspidata*, *Spirifer striatus*, *Pachypteria*, etc. Vers le Nord-Est, ils se suivent, par delà le Zegher, jusqu'au pied de la Hamada el Homra (Nord-Ouest de la Garet el Mrar). Par contre, vers l'Ouest, ils se réduisent rapidement d'épaisseur et font place à des calcaires ocres, fossilifères, en dalles (erg d'Isaouan).

Puis vient une alternance de grès et d'argiles; les grès, à stratification entrecroisée, renferment des bois ferruginisés (*Lepidodendropsis*) et se terminent par un niveau à gros nodules calcaires (2e niveau de « grès à champignons » des Gour Ikebran et de la frontière libyenne). Au milieu de cette série, plusieurs niveaux de lumachelles fournissent une faune abondante, avec notamment : *Productus multispiniferus*, *Pr. antiquatus*, *Pr. (Pustula) punctatus*, *Pr. (Pustula) interruptus*, *Zaphrentis*, etc. ([3]).

Enfin, une série de dalles calcaires gris-bleutés, alternent avec des argiles gypseuses et de rares bancs de grès; ce niveau renferme la faune classique du Viséen supérieur : *Productus giganteus*, *Pr. latissimus*, *Pr. gr. cora*, *Pachypteria*, etc., ainsi que de nombreux polypiers : *Caninia*, *Dibunophyllum*, *Palæosmilia*.

Ce dernier horizon du Viséen supérieur est bien représenté au Sud du Bour'aret et prend une assez grande importance vers l'Ouest, dans le Nord de l'erg d'Isaouan. Vers le Fezzan, il devient plus gréseux et ses faunes, moins riches (Sud-Est de Anou Dembaba, Zegher, Tiselatin).

3. Namurien. — Un ensemble de calcaires gréseux, souvent massifs, multicolores et d'argiles gypseuses recouvre le Viséen. Certains niveaux sont très fossilifères : nombreux Productidés et Gastéropodes (*Bellerophon*, etc.), Foraminifères, etc. ([4]). La présence de formes comme *Metaco-*

([2]) J. M. Freulon, *C. R. Somm. Soc. Géol. Fr.*, 1953, p. 233-234.

([3]) Les déterminations d'une partie des faunes carbonifères ont été revues et vérifiées par G. Delépine.

([4]) A. F. de Lapparent, *Ann. Soc. Géol. Nord*, 49, 1949, p. 86-94.

ceras costatum, *Pr. gr. cora*... ainsi que sa position permettent d'attribuer à cette série un âge namurien très probable. Elle forme le grand glacis qui s'étend au Sud de l'erg de Bour'aret et plus au Nord, la plus grande partie de l'Eg'élé Ta-n I-n-Azaoua. Vers l'Est, ces calcaires multicolores se suivent jusque sous la Hamada el Homra, dans la région de Anou Dembaba (puissance approximative : de 100 à 300 m environ, de l'Est à l'Ouest).

4. CARBONIFÈRE SUPÉRIEUR CONTINENTAL (= Continental post-tassilien). — Une série d'argiles gypseuses rouges ou jaunes recouvre le Namurien et se marque dans la morphologie par une succession de grandes mares desséchées («maaders»), c'est la série de Tig'entourin, définie par A. F. de Lapparent et M. Lelubre.

Les derniers reliefs au Nord de l'erg d'Isaouan, puis toute la grande falaise de Zarzaïtin et son prolongement vers l'Est, l'Adrar Ben Drich, sont formés par un ensemble de grès continentaux et d'argiles. Les grès de la base, souvent à stratification entrecroisée, ont fourni quelques bois, mal conservés (*Cordaïtes* ? *Walchia* ?). Vers le milieu de la série s'intercalent plusieurs minces niveaux de calcaires lacustres (c'est la série de Zarzaïtin de A. F. de Lapparent et M. Lelubre).

Au centre du bassin, cet ensemble continental dépasse 1000 m d'épaisseur. Il repose en légère discordance sur les niveaux carbonifères antérieurs, transgressivité non apparente vers le centre du fait des faibles pendages de l'ensemble, mais visible sur les bordures (au Nord de l'erg d'Isaouan d'une part, et au Nord-Ouest de l'Edeyen d'Oubari de l'autre, de l'Adrar Ben Drich à Anou Dembaba). Ainsi le Carbonifère marin semble affecté ici par une première phase orogénique hercynienne (phase asturienne). Il est probable que ces premiers plissements se sont accompagnés de l'émersion de plusieurs massifs, dont l'érosion a contribué à la formation des épaisses séries post-namuriennes.

Certaines analogies avec le Carbonifère supérieur continental du Sahara nord-occidental, ainsi que sa position entre les deux principales phases orogéniques hercyniennes permettent d'attribuer à ce Continental post-tassilien un âge stéphanien probable.

GÉOLOGIE. — *Découverte de lambeaux de Sénonien marno-gréseux dans la région de Lafayette (Ouest Constantinois, Algérie).* Note de M. **JULES GLAÇON** et Mme **GEORGETTE GLAÇON**, présentée par M. Pierre Pruvost.

Lors de levers de détail effectués sur la feuille « Aïne Roua », nous avons été amenés à préciser l'âge et la disposition structurale de sédiments marno-gréseux à l'Ouest de Lafayette et du Hammam Guergour (environ 50 km Nord-Ouest de Sétif), sur la rive gauche de l'Oued Bou Sellam, chez les

Oulad Rezoug. Là, une série de marnes, de microbrèches et de grès était attribuée par nous à l'Oligocène, par analogie de faciès. La récolte de nouveaux échantillons a permis de préciser qu'il s'agit en réalité de *Sénonien*, reconnu pour la première fois sous ce faciès dans la région comprise entre Sétif et la chaîne des Babors.

Chez les Oulad Rezoug, sur la rive gauche de l'Oued Ben Sabah, entre cet oued et Ras el Fedh, nous avons relevé la succession suivante, de bas en haut :

1. Marno-calcaires et calcaires bien lités du Cénomanien.
   Premier contact anormal.
2. Marnes grises à lentilles et bancs de calcaire noir à patine jaune.
   Second contact anormal, incliné vers Nord.
3. Marnes grises ou noirâtres, à petits bancs quarziteux minces, verdâtres, passant à l'assise suivante, 15 m.
4. Flysch en petits bancs, brèches et poudingues à éléments de taille très variable (flysch A), 40 m.
5. Marnes claires, grisâtres ou jaunâtres, sableuses, 30 m.
6. Grès et sables argileux surmicacés, en bancs minces alternant (flysch B), avec couches rougeâtres à la base, 60 m.
7. Grès tendres, clairs, en bancs de puissance variable (0,5 à 2 m), séparés par des marnes sableuses micacées; bancs compacts et massif au sommet, traces de plantes à la base.

Les marnes n° 2 font partie d'une série, dénommée par nous *série de Chabet er R'erib*, affleurant largement entre l'Oued Ben Sabah et l'Oued Bou Sellam, ayant plus de 1200 m de puissance. Au Nord-Ouest de Ras el Fedh et sous le flysch A en position anormale, ces marnes ont fourni une microfaune du Maestrichtien inférieur : *Globotruncana stuarti* de Lapparent, *Gl. fornicata* Plummer; *Gl. elevata stuartiformis* Dalbiez, *Gl. contusa* Cushman.

La microfaune des couches n° 3 est extrêmement pauvre (Sénonien inférieur ?). Les microbrèches du flysch A (couches n° 4) renferment de rares débris d'Orbitolines remaniées. Quant aux marnes n° 5, elles ont livré des Foraminifères intéressants : la base a fourni un ensemble santonien-campanien inférieur : *Globotruncana ventricosa ventricosa* Dalbiez, *Gl. ventricosa carinata* Dalbiez, *Gl. sigali* Reichel. Le sommet de ces marnes contient : *Globotruncana elevata stuartiformis* Dalbiez, *Gl. fornicata* Plummer, *Neoflabellina rugosa leptodisca* (Wedekind); cette faune est attribuable au Campanien moyen et supérieur, mais peut aller jusqu'au Maestrichtien inférieur. Notons que les microforaminifères de la base des marnes n° 5 montrent des formes (gros arénacés) liées paléoécologiquement au faciès « flysch », outre les pélagiques (*Globotruncana*) caractéristiques.

Les marnes associées au flysch B (couches n° 6) et aux grès n° 7 n'ont pas fourni de restes utilisables.

La série de Ras el Fedh (couches n°s 3 à 7), superposée anormalement à celle de Chabet Er R'erib, est ainsi datée du Sénonien inférieur, moyen et peut-être supérieur au sommet; l'état de conservation des microfaunes (surtout dans les couches n° 5) et l'absence complète d'éléments plus récents rendent peu probable l'hypothèse d'un remaniement dans de l'Éocène ou de l'Oligocène. Cette série paraît peu épaisse (180 m); elle affleure en trois lambeaux restreints : le lambeau de Ras el Fedh, le lambeau d'Oulad Koufach uniquement constitué de flysh B et de grès et entièrement ceinturé de « Trias », le lambeau de Tirliguine, lui aussi bordé de Trias. Comme nous l'avons déjà vu pour le lambeau de Ras el Fedh, ces restes de Sénonien marno-gréseux, « flysch », reposent anormalement sur une autre série sénonienne exclusivement marneuse. L'existence d'un tel Sénonien flysch méritait d'être signalée, c'est le seul témoin de ce faciès observé dans la région comprise entre Sétif et la chaîne des Babors. Nous ne pouvons, pour l'instant, que supposer sa parenté avec des faciès analogues observés dans des zones plus septentrionales, déjà situées à une trentaine ou une quarantaine de kilomètres au Nord et au Nord-Ouest de la région étudiée : Grande Kabylie, région de Bougie ([1]), au Nord des Babors, à l'Est de l'embouchure de l'Oued Agrioun ([2]). La signification structurale importante de ces lambeaux, qui ont probablement subi un déplacement Nord-Sud et sont restés en témoins dans une position méridionale par rapport aux Babors et aux Kabylies, ne trouvera d'explication satisfaisante que dans une synthèse tectonique ultérieure.

RADIOGÉOLOGIE. — *Sur la teneur en uranium d'eaux thermales du Sud des Vosges.* Note (*) de M. **Georges Jurain**, présentée par M. René Perrin.

L'étude de la teneur en uranium d'eaux thermales du Sud des Vosges et de quelques indices radioactifs, permet d'élaborer une hypothèse sur l'existence possible d'un gîte profond dans cette région. L'auteur reconnaît le caractère local des eaux thermales dans la géochimie de l'uranium.

L'étude de la dispersion des traces d'uranium nous a amené à étudier la région de Bains-les-Bains (Vosges) tant au point de vue pétrographique que géochimique.

Pétrographie. — La faille thermominérale Nord-Ouest-Sud-Est de Bains-les-Bains est ouverte dans le granite à deux micas (granite granulitique) qui domine particulièrement dans cette région formant le support des plateaux de grès

([1]) L. Duplan, *Comptes rendus*, 236, 1953, p. 1371.

([2]) D'après un renseignement inédit de A. Lambert.

(*) Séance du 14 novembre 1955.

vosgien et bigarré. Le granite à amphibole affleure à l'Est de Bains dans la vallée de la Semouse; une faille parallèle à la précédente amène ce dernier au contact du grès bigarré à la Chaudeau, permettant ainsi à une source chaude de venir au jour dans la vallée de la Semouse. Sur cette faille au point 3897-1308 Lambert, à 4 km au Sud de Bains, nous avons trouvé un filon de quartz pyramidé, enfumé, légèrement actif au compteur à scintillation : 25 chocs/s, à enduit brun; accompagné de pyromorphite dont l'analyse fluorimétrique (enduit et pyromorphite) a révélé une teneur de $67 \pm 6,7$ ppm d'uranium. Des minéraux du cuivre s'y trouvent également en mouche.

Le contact granite-granulitique, granite à amphibole (ce dernier basique vis-à-vis du précédent) pourrait donc se faire sous la couverture de grès vosgien et de grès bigarré entre la Chaudeau et Bains suivant une direction Sud-Ouest-Nord-Est.

Géochimie — La présence de traces d'uranium dans le filon de quartz localisé ci-dessus nous a incité à rechercher et à doser cet élément dans les eaux, thermales ou non, de la région de Bains.

Cette recherche et le dosage de l'uranium ont été faits suivant les procédés devenus classiques : percolation sur résines échangeuses d'ions : acide, échangeur de cations à caractéristique acide sulfonique (C) ; basique, échangeur d'anions à caractéristique ammonium quaternaire (A); évaporation dans le platine et dosage fluorimétrique. Les résultats sont concordants.

Sources.	(C).	(A).	*Évaporation.*
	1° *Thermales.*		
Casquin	$7,72 \pm 0,7$ μg/l	$7,0 \pm 0,7$ μg/l	$7,68 \pm 0,7$ μg/l
Féconde	$12,38 \pm 1,2$	$6,32 \pm 0,6$	$7,6 \pm 0,7$
Robinet de Fer		$5,56 \pm 0,5$	
Artéria	$7,04 \pm 0,7$	$6,12 \pm 0,6$	$7,2 \pm 0,7$
Groupe de sources		$7,2 \pm 0,7$	$4,48 \pm 0,4$
	2° *Non thermales.*		
Promenade	$3,46 \pm 0,3$ μg/l	$3,06 \pm 0,3$ μg/l	$4,4 \pm 0,4$ μg/l
Parc	$4,32 \pm 0,4$	$6,76 \pm 0,6$	
Trémeures (*a*)	.		$3,08 \pm 0,3$

(*a*) Source proche du filon de quartz mais n'ayant aucun rapport avec lui.

La teneur moyenne pour les eaux thermales est donc voisine de $7 \pm 0,7$ μg/l, celle des sources froides de Bains (susceptibles de mélange) : 3,5 μg/l. La teneur de la source des Trémeures franchement sédimentaire est peut-être une anomalie.

Comparaison avec des provinces uranifères connues. — La région de Bains présente une certaine analogie avec celle de Lachaux (Puy-de-Dôme). En effet, à Lachaux [1] les minéralisations de parsonsite accompagnées de pyromorphite radifère, se trouvent dans des zones où domine le granite à grains

[1] M. MOREAU et A. POUGHON, *Sciences de la Terre*, 3, nos 1-2, 1955 p. 125 (sous presse).

gros ou moyen à allure granulitique au sein duquel des porphyrites ont un comportement basique.

Les teneurs en uranium des eaux thermales de Bains sont à rapprocher de la teneur constatée dans une source chaude faisant partie du système de Lachaux. La source de La Montagne (Châteldon) contient 5 μg/l d'uranium (M. R. Coulomb analyste) (²). Elle vient au jour à la faveur d'une faille du système minéralisé et se trouve dans le prolongement sud de la ligne des concentrations uranifères à parsonsite et pyromorphite de Gagnol, l'étang de Reliez et Reliez (¹).

D'ailleurs les contreforts des Vosges méridionales ont été affectés par l'effondrement du fossé alsacien, comme les monts du Forez par celui de la Limagne.

Cependant les teneurs en uranium observées dans ces deux localités sont bien inférieures à celles d'autres sources thermales d'Europe Centrale : En Bohême, J. Hoffmann (³) relève 48 μg/l à la source Docteur Cartellieri; 2 μg/l à la source de l'Empereur, à Franzensbad. A Karlsbad, suivant le même auteur, les sources Sprüdel et du Moulin contiennent 10 et 12 μg/l tandis qu'à Prosauer la source salée en contient 16.

Les teneurs en uranium de l'eau thermale de Badgastein (Autriche) ne sont pas connues, mais on y observe de petits nodules calcaires formés par des Chroococcales contenant jusqu'à 1 000 ppm d'uranium (⁴).

L'hypothèse peut donc être envisagée d'une liaison entre les sources thermales de Franzensbad, Karlsbad, Prosauer et les célèbres zones minéralisées en uranium de Joachimsthal, Johann-Georgenstadt si proches. Il a été reconnu dans les environs immédiats de Badgastein des gîtes à cuivre, nickel, cobalt, argent, bismuth, comme à Joachimsthal et plus récemment à Böckstein (quatre kilomètres au Sud de Badgastein), Haberlandt et Schiener ont trouvé des minéraux secondaires de l'uranium : β-uranotile, schröchingérite, sels d'uranyle adsorbés sur l'hyalite (⁵).

Par ailleurs en Forêt Noire (Allemagne); Kircheimer décrit dans les environs de Baden (sources à 70° C) des gîtes uranifères : autunite et torbernite au Fremersberg, uranopilite au Leisberg (⁶).

Conclusions. — Toutes réserves faites sur ces nouvelles hypothèses et sur le rapprochement Châteldon-Lachaux (Puy-de-Dôme) et Bains-les-Bains (Vosges), l'existence d'une minéralisation uranifère profonde dans le Sud des

(²) J. Geoffroy, J. Sarcia, *Sciences de la Terre*, 2, nᵒˢ 1-2, 1954, p. 140.

(³) *Sitzber. Akademie Wissenschaft Wien. Mathematik Natur Wissenschaft*, 150, 1941, p. 112.

(⁴) F. Schemntzky et W. Grabherr, *Oesterreich Mineralogie Mitteilumg Gesellschaft*, 112, 1951, p. 13-38.

(⁵) H. Haberlandt et A. Schiener, *Oesterreich Mineralogie Gesellschaft*, 112, 1951, p. 48-110.

(⁶) F. Kircheimer, *Mitteilung Badischen*, *Geologische Landesanstalt*, 1952, p. 1-74.

Vosges apparaît comme possible, en total accord avec le rôle important joué par les granites granulitiques dans l'histoire des minéralisations filoniennes uranifères françaises et le comportememt géochimique de l'uranium dans les zones de fractures (7).

PÉDOLOGIE. — *Synthèse de montmorillonite zincifère.* Note de M. **Jacques Esquevin**, présentée par M. Maurice Lemoigne.

La synthèse d'argiles montmorillonitiques contenant du magnésium (1), du nickel (2) et du fer (3) ayant été réalisée au laboratoire, il était intéressant d'étendre ce résultat au zinc. D'une part, les propriétés du cation Zn laissent entrevoir la possibilité d'obtenir un tel résultat, d'autre part, un tel minéral existe dans la nature : c'est la sauconite (4). Rappelons qu'il s'agit d'un minéral trioctaédrique contenant du zinc et du magnésium en position octaédrique, du silicium et de l'aluminium en position tétraédrique; il est donc voisin de la saponite.

Nous avons utilisé la même méthode que précédemment, des solutions mères de silicate 5 mg/l et d'aluminate 1,4 mg/l d'une part, de zinc 39 mg/l et de magnésium 4,8 mg/l d'autre part, s'écoulent lentement dans un ballon. Ce dernier contenait soit de l'eau distillée, soit une solution contenant 100 g/l de ClNa et 2 g/l de SO_4Ca. Le pH a été maintenu entre 8,5 et 9.

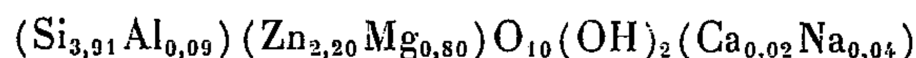
Dans les deux cas il s'est formé un produit de couleur blanche donnant aux rayons X un diagramme de montmorillonite; ces substances présentent dans l'eau glycérolée une équidistance de 17,5 Å. Bien que les diagrammes soient voisins le produit qui tombe à 9,5 Å après chauffage obtenu en présence d'électrolytes est mieux cristallisé que celui préparé en leur absence; les raies sont moins nettes et les réactions de gonflement et de contraction ne se produisent pas d'une manière aussi franche.

L'analyse thermopondérale confirme ces résultats. Le produit formé en présence de sel présente une perte totale d'eau de 14 % dont 9 % au-dessous de 150°, la destruction de la couche octaédrique s'effectue entre 600 et 725°. Au contraire, le produit formé en l'absence de sel présente des pertes de poids nettement moins définies. Au total, il contient 17 % d'eau. 7,5 % seulement de cet élément sont perdus à 200°, la déshydratation se poursuit jusqu'à 450°, la perte de poids atteignant alors 11 %. Enfin, la destruction du minéral s'amorce à cette température et se poursuit jusqu'à 630°.

(7) P. Savitch, S. Pavlovitch, *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 912.

(1) S. Henin et O. Robichet, *Comptes rendus*, 236, 1953, p. 517.
(2) S. Caillère, S. Henin et J. Esquevin, *Comptes rendus*, 239, 1954, p. 535.
(3) S. Caillère, S. Henin et J. Esquevin, *Comptes rendus*, 237, 1953, p. 1424.
(4) J. S. Ross, *Am. Min.*, 31, 1946, p. 411.

L'analyse chimique du produit obtenu en présence de ClNa et SO_4Ca permet de calculer, en supposant qu'il y a 11 oxygènes dans la maille de la substance déshydratée, la formule structurale suivante :



$$(Si_{3,91}Al_{0,09})(Zn_{2,20}Mg_{0,80})O_{10}(OH)_2(Ca_{0,02}Na_{0,04})$$

celle de la sauconite étant



$$(Si_{3,47}Al_{0,53})(Al_{0,22}Fe_{0,17}Mg_{0,18}Zn_{2,40})O_{10}(OH)_2M_{+0,33}$$

la substance est donc plus pauvre en aluminium que le produit naturel. La capacité d'échange de bases mesurée est de 76 méquiv pour 100 g de produit séché à 500 contre 19 calculée d'après la formule. Il faut donc admettre qu'une partie du zinc ou du magnésium figurant en couche octaédrique se trouve en position échangeable et que la couche octaédrique est incomplète. Sa formule serait alors



$$(Si_{3,91}Al_{0,09})(Zn_{2,20}Mg_{0,66})O_{10}(OH)_2(Ca_{0,02}Mg_{0,15}Na_{0,04})$$

Enfin, l'examen au microscope électronique montre que notre « sauconite » a l'aspect habituel des montmorillonites.

En conclusion, il a été possible d'effectuer la synthèse d'une argile zincifère de type montmorillonitique. Toutefois, celle-ci se rapproche plus du type stevensite que du type saponite, car la capacité d'échange est due, au moins partiellement, à un déficit de cations en position octaédrique. Outre que ce résultat met bien en évidence la possibilité d'obtenir une argile zincifère par voie de synthèse à basse température, il confirme l'action des électrolytes présents dans le milieu, action déjà mise en évidence lors de la préparation d'autres argiles ([1]), ([2]), ([3]). Non seulement cette influence se manifeste sur la qualité des produits obtenus, mais également sur leur vitesse de formation. Toutes choses égales par ailleurs, on a pu préparer 1,974 g d'argile en 21 jours en présence de ClNa et SO_4Ca, soit 94 mg/jour contre 0,372 g en 31 jours, soit 12 mg/jour en l'absence de ces corps.

Ces résultats confirment qu'il peut se former des montmorillonites zincifères dans les conditions qui règnent actuellement à la surface de la terre.

PALÉONTOLOGIE. — *L'origine des Plésiosaures.*

Note de M. **Jean Piveteau**, présentée par M. Charles Jacob.

Dans la faune étrange des Reptiles qui animèrent les océans de l'Ère Secondaire, les Plésiosauriens constituent l'un des groupes les plus singuliers. Cuvier voyait en eux « les plus hétéroclites des habitants de l'ancien monde, ceux de tous qui paraissent le mieux mériter le nom de monstre ». La trouvaille ultérieure, dans le Trias moyen et supérieur d'Europe, des Nothosauridés, moins évolués et moins spécialisés, mais déjà nettement

aquatiques, vint appuyer l'idée que les ancêtres des Plésiosauriens marins avaient été des formes terrestres. Des spécimens, récemment découverts dans le Permien supérieur de Madagascar (gisement de Leoposa, près de Ranohira) par M. Germain, complétant des pièces que j'avais autrefois recueillies dans cette même région, permettent de remonter davantage encore dans l'histoire de ces Reptiles, à la fois dans le temps et dans leur évolution structurale, et de saisir, en quelque sorte, le moment où ils commencèrent à s'aventurer dans les eaux.

Ces spécimens correspondent à deux genres, proches l'un de l'autre, qui devront constituer un sous-ordre nouveau entrant, avec les Nothosauridés et les Plésiosauridés, dans le grand ensemble des Sauroptérygiens. L'interprétation délicate de tels fossiles se trouve facilitée toutefois par leur remarquable état de conservation rendant possible l'utilisation de toutes les ressources de l'Anatomie comparée.

Nous observons, sur ces Reptiles, une véritable mosaïque de caractères : certaines dispositions révèlent une structure typique des Nothosauridés; d'autres n'indiquent ces structures qu'à l'état de tendances, quelques particularités montrent qu'un habitat partiellement terrestre était encore possible.

Ainsi, le tarse est construit sur le même plan que celui des genres *Lariosaurus*, *Pachypleurosaurus*, etc., du Trias supérieur du Tessin : l'astragale et le calcanéum ne se placent pas dans le prolongement des os de la jambe et un espace vide subsiste en face du tibia. Cette disposition singulière ne s'observe que chez les Nothosauridés. Comme chez ces derniers, les côtes présentent un fort épaississement (pachyostose) qui paraît en rapport avec le métabolisme particulier des êtres pénétrant dans le milieu aquatique. Un revêtement ventral constitué d'os en chevrons existe dans les deux genres malgaches et sa présence pourrait être simplement considérée comme la persistance d'un caractère primitif; mais la robustesse de ses éléments est sans doute aussi en rapport avec l'habitat dans les eaux. Là encore, l'analogie avec les Nothosauridés est complète.

L'étude de l'humérus est particulièrement importante pour l'interprétation de nos fossiles. Cet os offre une torsion tout à fait comparable à celle des Nothosauridés. Le modelé de sa partie proximale montre, comme chez ceux-ci, un fort développement des muscles scapulo-huméral et sous-scapulaire, dont l'action antagoniste permettait à l'animal nageant de tourner sur lui-même. Dans l'histoire des Vertébrés, c'est la première fois que nous apparaissent les conditions anatomiques nécessaires à la réalisation d'un tel mouvement. La partie distale conserve la nette différenciation d'un ectocondyle et d'un entocondyle, ce qui implique une possibilité de déplacement sur la terre ferme. Nous arrivons ainsi à la curieuse constatation que les deux extrémités de l'os du bras ne sont pas au même stade de structure.

Comme caractères marquant une tendance vers les Nothosauridés nous indiquerons la petitesse du crâne, le début d'allongement de la région cervicale, l'élargissement des ceintures pectorale et pelvienne.

Le carpe complexe, le long épisternum, la région caudale bien développée correspondent à des dispositions primitives, présentes chez les plus anciens types reptiliens.

On a beaucoup discuté sur la morphologie de la voûte palatine des formes ancestrales des Plésiosaures. Les fossiles malgaches montrent qu'elle offrait une structure relativement voisine de celle des Lézards qui, à ce point de vue, représentent, dans le monde actuel, la persistance d'un type primitif.

Ainsi, vers la fin de l'Ère Primaire, s'amorçaient, dans les lagunes ou les estuaires d'un continent austral, des transformations devant aboutir à la genèse d'un des groupes les plus originaux que nous ait révélé la paléontologie.

La faune reptilienne du Permien supérieur malgache (et sans doute aussi de l'Eotrias) nous est maintenant connue par des types variés, appartenant tous aux Sauropsidés, autrement dit à la lignée reptilienne qui aboutit aux Reptiles modernes et aux Oiseaux. Par là, elle se distingue de la faune du Karroo d'Afrique australe, où dominent les Théropsidés, c'est-à-dire les représentants de la lignée reptilienne dont dérivent les Mammifères. On peut penser qu'un tel contraste n'est pas fortuit, mais qu'il exprime une certaine différence de faciès entre le Karroo sud-africain et ce qu'on est convenu le Karroo malgache, différence qui n'exclut point d'ailleurs l'existence de liaisons continentales entre les deux pays.

PALÉONTOLOGIE. — *Quelques nouvelles formes de Mastodontes du Miocène de la péninsule ibérique*. Note de MM. **Frédéric-Marie Bergounioux** et **Fernand Crouzel**, présentée par M. Pierre Pruvost.

Les collections des musées de Paléontologie de Madrid, Barcelone et Sabadell renferment un certain nombre de dents de Mastodontes dont nous avons récemment effectué la révision.

Trois de ces pièces appartiennent à des formes qui n'avaient encore jamais été signalées.

A. Famille : *Serridentidæ*; Sous-famille : *Serridentinæ*; Genre : *Geisotodon*, nov. gen.; Espèce : *G. ibericus*, nov. sp.

Ossements : vertèbre cervicale, vertèbre dorsale, fragments de fémur, tibia et péroné.

Denture (en millimètres) : M_2 ($138 \times 79 \times ?$) $I = 57$. Droite et gauche. Dents très usées, quatre collines, talon formé d'un seul tubercule.

M_3 ($227 \times 94 \times 51$) $I = 41$. Droite et gauche.

Six collines, la dernière plus étroite; talon formé d'un seul tubercule accolé à la sixième colline; collines divisées en 4, 5 ou 6 conelets (protolophide 5, métalophide 6, tri et tétralophide 4, penta et hexalophide 5); arêtes crénelées bien formées en arrière et sur la face externe des quatre premières collines : (4 crénelures en arrière du protolophide, 5 crénelures en arrière du métalophide, 4 crénelures en arrière des tri et tétralophides); arête crénelée supplémentaire en arrière de l'entoconelet de la première colline; crénelures au débouché externe des cinq premières vallées; sulcus médian légèrement marqué sur les quatre premières collines; fines pointes au sommet des conelets et des crénelures qui ne sont pas usées; dents légèrement arquées, concaves vers l'extérieur, convexes vers l'intérieur; couronne moyennement élevée, collines légèrement penchées vers l'avant;

I inf. droite et gauche, coiffées d'ivoire, longueur de la coiffe 185, diamètres 85 et 59, aplatissement 0,30. Dentine canelée longitudinalement, présentant sur la section des lignes incurvées entrecroisées.

Ces dents présentent certains des caractères distinctifs du genre *Serridentinus*, mais elles sont de type tétralophodonte comme *Platybelodon* et *Notiomastodon.* Toutefois la forme, la longueur et la structure des défenses sont très différentes dans les deux cas, ce qui impose la création d'un genre nouveau.

Provenance : Burgos (à 4 km, près de la route de Madrid); Pontien (?).

Collection : Institut géologique de Madrid.

B. Famille : *Mastodontidæ*; Sous-famille : *Stegolophodontinæ*; Genre : *Stegolophodon*; Espèce : *St. saldanensis*, nov. sp.

Maxillaire étroit, déformé pendant la fossilisation. Il porte les dents suivantes :

Droite : M_1, M_2, M_3 (germe);

Gauche : P_4, M_1, M_2, M_3 (germe).

P_4 ($47 \times 43 \times ?$) $I = 91$. Deux collines et crénelures accolées à la seconde; cônes non subdivisés, sulcus médian; croix bien marquée, pas de conules centraux.

M_1 ($92 \times 58 \times ?$) $I = 63$. Dent usée; quatre collines et trois petits tubercules accolés à la dernière; figures d'usure en forme de lancéoles, pas de conules centraux.

M_2 ($122 \times 70 \times 50$) $I = 57$. Quatre collines, la dernière plus étroite; légère crénelure accolée à la dernière colline; sulcus médian sur les trois premières collines; collines pratiquement perpendiculaires à l'axe de la dent; quatre à cinq conelets, régulièrement disposés, sur chaque colline (de forme arrondie); collines antérieures penchées vers l'avant, et collines postérieures vers l'arrière; vallées étroites et dégagées; pas de conules centraux; dents relativement élevés.

M_3, Germes encore engagés dans le maxillaire, les sommets des trois premières collines dépassent seuls; sulcus médian très marqué; pas de conules centraux, quatre à cinq conelets par colline.

Cette description correspond à la diagnose du genre *Stegolophodon* (Osborn).

Parmi les espèces connues, aucune ne présente les caractères de ce maxillaire dont nous avons fait le type d'une espèce nouvelle.

Provenance : Saldaña (province de Palencia); Vindobonien supérieur.

Collection : Muséum d'Histoire naturelle de Madrid.

C. Famille : *Bunomastodontidæ*; Sous-famille : *Longirostrinæ*; Genre : *Trilophodon*; Espèce : *Tr. angustidens*; Variété : *major* nov. var.

M_1 droite supérieure ($198 \times 90 \times 63$) $I = 45$. Quatre collines et un talon crénelé; division binaire ou ternaire des cônes en conelets (protolophide et métalophide 5 conelets, trilophide 6 et tétralophide 4). Deux à quatre conules centraux par vallée (4 conules dans la première, 3 dans la seconde; 2 dans la troisième); 29 aristogènes; léger cingulum sur le côté interne, sulcus médian.

Cette dent possède bien les caractères généraux de *Trilophodon angustidens*. Elle est remarquable par ses fortes dimensions, surtout pour une dent supérieure, et par la multiplication des aristogènes. Il ne semble pas nécessaire de créer une espèce nouvelle pour une dent qui peut rentrer dans le cadre des variations d'une espèce aussi polymorphe que *Tr. angustidens*, mais seulement une variété.

Provenance : Cerro del Cristo del Otero (Palencia); Vindobonien supérieur.

Collection : Museum d'Histoire naturelle de Madrid.

HISTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Étude histologique des éléments sclérenchymateux de l'écorce, du péricycle et du liber chez quelques Bruniacées.* Note (*) de M. **Robert Lemesle**, présentée par M. René Souèges.

Dans la tige de certaines Bruniacées, le xérophytisme est réalisé non seulement par l'épaisseur de la cuticule épidermique et l'apparition précoce du liège, mais surtout par le grand développement du stéréome. Le stéréome péricyclique renferme des types très variés de scléréides, avec tous les intermédiaires entre les macroscléréides et les « cellules scléreuses en forme de fibres ».

La structure des Bruniacées n'a fait l'objet que d'un nombre restreint d'observations. M. Thouvenin (1) remarquait principalement l'épaisseur de la cuticule épidermique, la présence de cellules scléreuses dans l'écorce

(*) Séance du 14 novembre 1955.

(1) *Ann. Sc. nat. Bot.*, 7e *série*, 12, 1890, p. 149.

de quelques genres, les cordons fibreux péricycliques entremêlés parfois d'éléments sclérifiés, mais il ne précisait pas la nature de ces éléments scléreux. Il mentionnait aussi l'existence de cristaux d'oxalate de calcium dans l'écorce et le liber, sans indiquer la forme des cellules cristalligènes, ni leur mode de disposition.

D'autre part, Fr. Niedenzu et H. Harms [2] donnaient une description très succincte des constituants du xylème; ils signalaient seulement les vaisseaux à perforations scalariformes avec de nombreux barreaux, puis la présence de fibres à ponctuations aréolées.

Ce sujet impliquant de nouvelles recherches, nous avons entrepris l'étude structurale des tiges de diverses espèces des genres *Brunia*, *Audouinia*, *Staavia*, *Tittmannia*, *Linconia* et *Lonchostoma*. Toutes sont des sclérophytes à port éricoïde, originaires des Buschs de la Colonie du Cap; on y remarque toujours l'apparition précoce d'un liège sous-épidermique.

Le stéréome cortical consiste surtout en brachyscléréides. Celles-ci, chez le *Linconia Ahymifolia* Sw., se montrent tantôt isolées, tantôt groupées en petits amas; leur diamètre varie ordinairement de 20 à 55 μ; la paroi, parfois d'une épaisseur de 15 à 20 μ, limite une cavité tantôt assez spacieuse, tantôt réduite à un lumen punctiforme (3 μ). Quelques-unes envoient des prolongements, évoluant vers le type sclérite.

Ailleurs, certaines scléréides corticales tendent à s'allonger dans le sens longitudinal. Ainsi, chez le *Linconia alopecuroides* L., il en existe qui atteignent 72 μ de longueur sur 28 μ de largeur. Chez le *Brunia lævis* Thünb., certaines cellules mesurent 90 μ sur 40 μ; nous en voyons même dont la longueur s'élève à 160 μ sur 42 μ, à paroi d'une épaisseur de 15 μ.

Signalons encore la présence de brachyscléréides dans l'écorce des *Staavia radiata* Dahl, et *S. glutinosa* Dahl; elles sont très nombreuses chez le *Brunia stavioides* Sond. La zone corticale des *Brunia squalida* Sond. et *B. lævis* Thunb., se compose de parenchyme lignifié, de brachyscléréides et de quelques sclérites.

Le stéréome péricyclique se montre beaucoup plus hétérogène. Dans la plupart des espèces examinées, nous voyons quelques cordons de fibres réunis par des amas de scléréides, formant un anneau sclérenchymateux presque continu. Chez le *Linconia thymifolia* Sw., ces amas scléreux se composent, d'une part, de brachyscléréides de 20 à 55 μ de diamètre, entremêlées par places de sclérites, et d'autre part de macroscléréides dont la longueur varie de 80 à 160 μ sur une largeur d'environ 20 μ. Les extrémités de ces dernières sont parfois nettement tronquées, réalisant alors la véritable « macroscléréide »; mais elles peuvent aussi s'arrondir plus ou moins et même se rétrécir en pointe mousse. Enfin, on

(2) *Natürlischen Pflanzenfamilien*, Auf. 2, 18 A, 1930, p. 291.

rencontre aussi des éléments scléreux terminés en pointes effilées, dont la longueur s'élève jusqu'à 325 sur 28 μ de diamètre; ces éléments se distinguent des fibres par leurs canalicules de section circulaire, souvent ramifiés; nous les désignons sous le terme de « scléréides en forme de fibres ».

Une semblable diversité de scléréides se retrouve dans le péricycle du *Brunia squalida* Sond. (ici, la longueur des macroscléréides peut atteindre 360 μ), du *Br. stavioides* Sond., des *Staavia globosa* Sond., *St. radiata* Dahl, *St. glutinosa* Dahl, du *Linconia alopecuroïdes* L., puis du *Tittmannia laxa* Presl. Cette dernière espèce se fait remarquer par la fréquence des « scléréides en forme de fibres ».

Chez l'*Audouinia capitata* Brongn., le péricycle se distingue par l'absence ou la rareté des scléréides; mais les arcs fibreux se montrent très rapprochés.

La présence d'éléments sclérenchymateux est encore à signaler à l'intérieur du phloème de quelques espèces. Principalement chez le *Brunia squalida* Sond., le liber secondaire renferme de longues scléréides (parfois 500 μ sur un diamètre de 15 à 22 μ), à extrémités tantôt tronquées, tantôt arrondies ou effilées en pointe mousse. Chez le *Brunia lævis* Thünb., le *B. stavioides* Sond. et le *Tittmannia laxa* Presl., le liber contient de nombreuses macroscléréides auxquelles se joignent des « scléréides en forme de fibres ».

Dans les tiges de quelques-unes de ces espèces, l'oxalate de calcium, largement représenté, tend à se localiser autour des constituants du stéréome libérien et péricyclique. Ce sont de très nombreux cristaux prismatiques logés chacun dans une cellule cubique; ces éléments oxalifères forment souvent des séries longitudinales accolées aux longues scléréides.

Ces diverses Bruniacées se font ainsi remarquer par l'abondance des éléments sclérifiés de la zone corticale, du péricycle et du liber, particularité en rapport avec un degré de xérophytisme très accentué; de plus, ce stéréome se distingue par la grande variété dans la nature histologique de ses constituants.

HISTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Évolution du liber de* Robinia pseudoacacia. Note de M. Roger Buvat, présentée par M. Raoul Combes.

Le comportement des substances lipido-protéiques et des accumulations cribrales des cellules criblées de *Robinia pseudoacacia* est semblable à celui décrit comme général, par J. Salmon [1]. Au contraire, la destinée des cellules-compagnes, étroitement solidaire de la destinée des tubes criblés, est conforme à celle, décrite comme générale, par K. Esau [2].

(1) *Rev. Cyt. et Cytophysiol. végét.*, 9, 1946-1947, p. 57-168.

(2) *Bot. Rev.*, 5, 1939, p. 373-432 et 6, 1950, p. 67-114.

Les désaccords profonds qui opposent les histologistes à propos du phloème font souhaiter de nouvelles recherches sur ce tissu beaucoup plus délaissé que le xylème. Le phloème de *Robinia pseudoacacia* s'est montré de nature à préciser quelques questions, dans le cas particulier qu'il constitue.

Dans les tiges de trois ans, le cambium est surmonté d'un phloème fonctionnel toujours très mince (125 à 150 μ). Les parties plus anciennes n'ont plus de tubes criblés fonctionnels et passent progressivement au périderme. Elles sont beaucoup plus épaisses (600 à 700 μ), représentant les libers des années précédentes, dont les cellules restées vivantes se sont accrues.

Au printemps, la différenciation des tubes criblés est très rapide. Tout près du cambium, se trouvent côte à côte des cellules criblées jeunes, des cellules-compagnes et des cellules de parenchyme. Dans le cytoplasme des cellules criblées prend naissance une inclusion allongée, qui grandit, s'épaissit ct s'orne aux deux extrémités d'un long appendice en flagelle (*fig.* 1). Cette inclusion, bien connue, est le « corpuscule lipido-protéique »



Fig. 1. — Corpuscule lipidoprotéique de cellule criblée très jeune.

Fig. 2. — Corpuscule appliqué contre le crible.

Fig. 3. — Gouttelettes de Lecomte et tirage sous-exposé du même cliché, montrant les disques synaptiques.

Fig. 4. — Liber non fonctionnel : travée de parenchyme vertical bien vivant (*plv*) et travées de « tubes criblés + cellules-compagnes » (*tc* + *c*), morts simultanément.

[J. Salmon [1]]. Tandis que la cellule criblée se différencie, ce corpuscule chemine vers l'une des extrémités de la cellule et vient s'appliquer contre le crible, s'ajoutant ainsi aux substances ectoplasmiques de même nature qui tapissent la membrane criblée (*fig.* 2). Cette évolution, ici évidente, est conforme aux descriptions de J. Salmon [1]. De plus, dès que les accu-

mulations cribrales sont observables, on y décèle les deux disques synaptiques formés par les membranes de deux cellules successives qui s'affrontent dans les pores du crible. Les deux membranes restent intactes au cours du fonctionnement cribral, lorsqu'elles élaborent les « gouttelettes de Lecomte » (*fig.* 3). Ces observations confirment les résultats de J. Salmon, et le fait que le fonctionnement des tubes criblés est un phénomène vital de perméabilité cellulaire.

Par contre, l'évolution des cellules-compagnes de Robinier ne semble pas conforme aux vues générales de J. Salmon qui les considère comme une réserve de cellules, capables de se différencier en cellules criblées et de remplacer ainsi les tubes criblés sénescents. Ce renouvellement ne paraît pas se produire dans le cas présent. Dès la différenciation des cellules criblées, les cellules-compagnes ont acquis leur structure très particulière et ne se modifient plus : appareil vacuolaire morcelé, chondriosomes épais mais punctiformes, etc. Les tubes criblés fonctionnent pendant une seule saison, du printemps à l'automne, puis ils dégénèrent et meurent. Les cellules-compagnes partagent étroitement le sort des cellules criblées. Sur ce point, le comportement du phloème de *Robinia* est conforme aux conceptions de K. Esau ([2]). Dans le liber fonctionnel, à l'automne, les cellules-compagnes donnent des signes de dégénérescence nucléaire et cytoplasmique (sidérophilie accentuée), alors que les cellules voisines du parenchyme vertical demeurent florissantes. Finalement, le cytoplasme se décolle des membranes, devient un amas informe, puis se résorbe.

A n'importe quelle saison, au-delà de la zone fonctionnelle si elle est différenciée, le phloème de l'année précédente est parcouru de tractus représentant les cellules criblées et les cellules-compagnes, réduites à leurs membranes, fortement déformées, aplaties entre les files de parenchyme vertical, dont les cellules s'accroissent et se gorgent de réserves (*fig.* 4).

Dans le liber ancien, autour des lits de fibres plus ou moins dilacérés transversalement par suite de l'accroissement du diamètre de la tige, ne subsistent plus que des cellules sclérifiées et celles issues des deux parenchymes libériens, vertical et horizontal. Les lacunes laissées par les cellules mortes se comblent peu à peu par suite de la croissance des parenchymes. Dans les assises superficielles (les plus anciennes), l'étirement transversal a provoqué des remaniements. L'allongement devient transversal pour toutes les cellules, qui forment un parenchyme chlorophyllien très riche en amidon et en tannins. Ce parenchyme s'étend jusqu'au périderme, il constitue peut-être le plus important tissu de réserve de la branche.

Les cellules sclérifiées du phloème jeune se trouvent séparées, étirées, et dispersées dans le phloème ancien. Beaucoup restent vivantes et continuent à épaissir leur membrane, formant des sortes de *sclérites* sous le périderme. Les sclérites ont un noyau normal; la vacuole, par contre,

est morcelée et la lumière étroite des cellules est remplie d'un cytoplasme spumeux. On y trouve des chondriosomes granuleux.

Ainsi, les tubes criblés se présentent comme des différenciations éphémères dans le phloème des branches de *Robinia*. Ces tubes criblés occupent peu d'espace et se renouvellent entièrement chaque année, à partir du cambium, et non à partir des cellules-compagnes, qui naissent et meurent en même temps que les cellules criblées.

GÉNÉTIQUE VÉGÉTALE. — *Nouvelles expériences de croisements intergénérique entre des Graminées systématiquement éloignées*. Note de M. **Antoine de Cugnac**, présentée par M. René Souèges.

Des essais de croisements répétés sur un grand nombre d'exemplaires et portant sur des espèces diverses appartenant à certains genres, largement séparés d'après la classification, aboutissent régulièrement à des fécondations caractérisées par un développement semi-abortif. Il existe donc des relations d'affinité (possibilité d'hybridations ?) entre ces plantes malgré leur éloignement systématique.

Des essais précédents ayant fait ressortir la possibilité d'obtenir des fécondations par le croisement de certaines Graminées en dépit de leur éloignement systématique ([1]), j'ai renouvelé ces expériences en les étendant à des espèces ou à des genres non encore essayés. Les résultats obtenus conduisent à répartir les genres sur lesquels ont porté ces recherches en deux séries, déterminées d'après ces résultats eux-mêmes : d'une part, un premier groupe, comprenant des représentants des genres *Elymus* et *Agropyrum* (groupe A); d'autre part, ceux des genres *Festuca*, *Lolium*, *Dactylis*, *Phleum* (groupe B).

La pollinisation des espèces du premier groupe par celles du second (combinaisons « positives » : espèces du groupe A ♀ × espèces du groupe B ♂) fournit régulièrement des résultats positifs, que j'ai désignés sous le nom de « fécondations » ([1]). Serait-il plus exact de les décrire comme « fécondations semi-abortives » ? Deux phases s'y succèdent, en effet, d'une façon constante. Le caryopse présente d'abord apparemment un développement normal, atteignant dans les délais habituels (15 à 20 jours après la pollinisation) sa longueur définitive. Puis il se dessèche peu à peu en s'amincissant jusqu'à consistance papyracée, et à maturité (1 mois ou 1 mois et demi après la pollinisation) semble vide et se montre incapable de germer ([2]). S'est-il formé au début un embryon qui dégénérerait ensuite, ou la fécondation n'est-elle qu'apparente, simulée par un phénomène

---

([1]) *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 422.

([2]) Il n'y a pas lieu de tenir compte des quelques grains viables cités dans la Note précédente ([1]), qui provenaient en réalité d'une fécondation accidentelle banale.

parthénocarpique provoqué par le pollen des espèces utilisées ? L'étude de jeunes caryopses, fixés au cours des premières phases de leur développement, permettra sans doute de répondre à ces questions. Dans le cas où la fécondation serait effective, les caractères des hybrides obtenus entre les représentants de genres aussi différents seraient fort intéressants à connaître.

Quant aux essais de pollinisations inverses (groupe B ♀ × groupe A ♂) effectués cependant sur un assez grand nombre d'exemplaires, ils ne semblent pas avoir donné de résultats décelables, au moins extérieurement. Cet échec paraîtrait donc indiquer l'existence d'un sens privilégié pour la réalisation des croisements entre ces deux groupes.

On trouvera ci-dessous un aperçu sommaire des données correspondant à ces essais de croisements intergénériques. Pour présenter un tableau d'ensemble des confrontations effectuées, on a joint aux nouveaux résultats ceux des expériences précédemment citées [1], en additionnant globalement les données numériques correspondantes (les premières recherches, effectuées en 1936, 1938, 1948, avaient porté sur 420 fleurs pollinisées, fournissant 266 fécondations; en regard, les nouveaux essais réalisés en 1949, 1950, 1955, correspondent à un total de 3 365 fleurs pollinisées, avec 1576 fécondations). Le détail des combinaisons n'a été indiqué que pour l'*Elymus canadensis* var. *glaucifolius*, sur lequel ont porté le plus grand nombre de mes expériences, et pour l'*Agropyrum caninum*, nouvellement inclus cette année dans mes recherches. Les autres espèces et variétés d'*Elymus* sont seulement énumérées (entre [ ]), en regard de la liste des pollinisateurs utilisés pour une ou plusieurs combinaisons; on a fait de même en ce qui concerne les combinaisons inverses.

	Nombre de fleurs pollinisées.	Nombre de fécondations.
I. *Combinaisons positives* (groupe A ♀ × groupe B ♂) :		
1. *Elymus canadensis* var. *glaucifolius* × *Festuca pratensis*, *F. arundinacea*, *F. gigantea*, *Lolium perenne*, *L. italicum*, *L. multiflorum*, *Dactylis glomerata*, *Phleum pratense*...	2 960	1481
2. [*Elymus canadensis* typique, *E. canadensis* var. *brachystachys*, *E. villosus*, *E. virginicus* typique, *E. virginicus* var. *submuticus*] × [*Festuca arundinacea*, *F. gigantea*, *Lolium perenne*, *L. multiflorum*, *Phleum pratense*].....	425	154
3. *Agropyrum caninum* × *Festuca arundinacea*, *Lolium multiflorum*....................................	400	211
Total d'ensemble des combinaisons positives..............	3 785	1842
II. *Combinaisons inverses* (groupe B ♀ × groupe A ♂) :		
[*Festuca arundinacea*, *F. gigantea*, *Lolium italicum*, *L. multiflorum*] × [*Elymus canadensis* var. *glaucifolius*, *E. canadensis* typique, *E. virginicus* var. *submuticus*, *Agropyrum caninum*]..	790	–

L'examen de ce tableau permet de dégager quelques conclusions d'ordre général de ces expériences. On notera tout d'abord qu'il ne saurait s'agir de phénomènes isolés ou accidentels, puisqu'ils ont été répétés de façon constante sur un grand nombre d'exemplaires des diverses espèces soumises à ces essais, dans des conditions variées, depuis près de vingt ans; le pourcentage de réussite, calculé pour 1842 fécondations sur 3 785 fleurs pollinisées est de 48 %, équivalent à celui qu'on observe dans des hybridations intergénériques viables [3].

Les propriétés mises en évidence [4] dans le cadre d'une espèce se retrouvent identiques chez ses variétés, et les diverses espèces d'un même genre fournissent des résultats semblables : cette similitude, qui se traduit ici par l'inscription dans un même groupe, paraît donc aller de pair avec l'affinité systématique. On ne s'étonnera pas de voir figurer côte à côte des genres dont la proximité établie par ailleurs se trouve ainsi confirmée : dans le groupe A, les *Elymus* et l'*Agropyrum caninum* [5]; de même, dans le groupe B, les *Festuca* et les *Lolium* [6]. Par contre, le rapprochement, au voisinage de ces derniers genres, du *Dactylis glomerata* et du *Phleum pratense* pourra sembler inattendu, en raison des positions éloignées qui leur sont généralement assignées dans la classification. Cependant, il y a lieu de souligner la constance des résultats obtenus avec le pollen de ces deux espèces : au total, 739 fécondations sur 1180 fleurs pollinisées (62 %), en utilisant comme ♀ l'*Elymus canadensis* var. *glaucifolius* [7].

Quant aux fécondations elles-mêmes, provoquées par l'action spécifique du pollen des représentants de l'un des groupes sur l'ovaire de ceux du groupe opposé, elles doivent être considérées comme manifestant l'existence de liens d'affinité entre ces deux séries de genres. Les données de la classification ne permettaient guère de prévoir de telles relations, et des problèmes systématiques complexes se trouveront sans doute posés pour tenir compte des faits établis dans ces expériences.

---

(3) A titre d'exemple, on peut comparer aux résultats cités ci-dessus ceux des séries d'hybridations viables effectuées cette année, parallèlement avec les précédentes expériences (croisements entre divers *Elymus* et l'*Agropyrum caninum*, et entre *Festuca* et *Lolium*) : 551 grains hybrides pour 1 170 fleurs pollinisées, soit 47 %.

(4) Aussi bien en ce qui concerne la réceptivité (groupe A) que l'activité pollinisatrice (groupe B).

(5) *Bull. Soc. bot. Fr.*, 100, 1953, p. 4.

(6) *Bull. Soc. bot. Fr.*, 91, 1944, p. 16, et 92, 1945, p. 216.

(7) Des résultats positifs ont aussi été enregistrés chez l'*Elymus virginicus* var. *submuticus*, pollinisé par le *Phleum pratense*.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Sur une nouvelle sapogénine stérolique; la ruscogénine, extraite des rhizomes de* Ruscus aculeatus *L.* Note de MM. **Charles Sannié** et **Henri Lapin**, présentée par M. Roger Heim.

Les travaux de Marker et de ses collaborateurs ([1]), puis ceux de nombreux autres auteurs ont montré tout l'intérêt que présentaient les sapogénines à noyau stérolique pour la synthèse partielle et la préparation industrielle des hormones génitales et cortico-surrénales, en particulier pour celle de la progestérone et de la cortisone. Il était donc particulièrement important de rechercher de nouvelles sources de telles sapogénines, plus abondantes ou plus aisément accessibles.

Jusqu'à maintenant, les seules familles botaniques dans lesquelles on ait identifié des sapogénines stéroliques sont les Liliacées, les Dioscoréacées, les Broméliacées, les Scrophulariacées et les Amaryllidacées. C'est la raison pour laquelle nous avons entrepris l'étude d'une Liliacée commune en France, et dans laquelle on avait depuis longtemps signalé la présence de saponosides : le Petit Houx, *Ruscus aculeatus* L.

Les premiers essais d'orientation à l'aide de la méthode de chromatographie sur papier que nous avions auparavant mise au point ([2]) ayant été positifs, nous avons pu isoler du rhizome de *Ruscus aculeatus* plusieurs saponosides ([3]) dont deux, cristallisés, sont presque certainement des prosapogénines, et qui fournissent par hydrolyse acide ou fermentaire au moins deux sapogénines stéroliques.

La plus abondante, F 205-210°; $[\alpha]_D^{20} -127°$, est un diol insaturé, de formule $C_{27}H_{42}O_4$, dont les constantes physiques ainsi que celles de son diacétate sont différentes de celles de toutes les autres génines connues ayant la même formule. Il s'agit donc d'une nouvelle sapogénine, que nous avons appelé la *ruscogénine*.

La réduction par Platine Adams sous pression fournit un dérivé dihydrogéné, et le brome un dérivé tribromé, un atome de brome se fixant en position 23. Son spectre infrarouge confirme que l'on est en présence d'une sapogénine de la série iso, avec les bandes caractéristiques à 980, 919, 898 et 863 cm^{-1}, la bande à 900 cm^{-1} étant plus intense que celle à 920 cm^{-1}.

La facilité avec laquelle on peut acétyler les hydroxyles et l'absence de bandes OH libre dans le spectre infrarouge prouvent qu'il n'y a pas d'OH tertiaires dans la molécule. L'un des oxhydryles est en 3, en position β, avec

([1]) R. E. Marker et coll., *J. Amer. Chem. Soc.*, 69, 1947, p. 2167-2230.

([2]) C. Sannié et H. Lapin, *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 1670 et 234, 1952, p. 581; *Bull. Soc. Chim. Fr.*, 1952, p. 1080.

([3]) Leur étude fera l'objet d'une publication ultérieure.

une double liaison en 5-6. Nous en avons eu la preuve par l'oxydation du groupe OH en 3-Δ_5 par la méthode d'Oppenauer sur le dérivé monoacétylé, qui donne une cétone α-β insaturée (CO en 3-Δ_4), et parce que la ruscogénine se combine aisément avec la digitonine.

Les deux oxhydryles ne sont pas voisins, car la génine est inaltérée par l'acide periodique; on peut donc éliminer les positions 2 et 4 du noyau A. Une oxydation de 30 mn à froid par CrO_3 n'en oxyde qu'un seul, qui n'est pas celui en 3. Nous en avons eu la preuve en réduisant le cétoalcool ainsi obtenu par la méthode de Kishner-Wolff en un monoalcool qui s'est révélé identique à la diosgénine, sapogénine stérolique isolée des Dioscorées et dont la constitution, établie avec certitude, est celle d'un Δ_5-22*a*-spirostène 3β-ol. Ceci démontrait sans ambiguïté aucune la constitution du noyau; seule restait à préciser la position du deuxième oxhydryle. Ce fut avec difficulté que nous y sommes parvenus.

Les Δ_5-22 *a*-spirostènes 3β, 1 (α et β), 11 (α et β) et 12 (α et β) diols, déjà connus ou que nous avons préparés, sont différents de la ruscogénine; le deuxième OH n'était donc ni en 1, ni en 11, ni en 12. La bande infrarouge cétonique du cétoalcool provenant de la monooxydation de la ruscogénine est à 1707 cm^{-1}, ce qui exclut un OH dans le noyau D (bandes à 1735-1740 cm^{-1}). La position 7 a pu être éliminée par comparaison du cétoalcool avec la 7-céto-diosgénine, préparée par nous selon Marker ou selon Rosenkranz. Le deuxième oxhydryle n'était donc dans aucun des noyaux A, B, C ou D.

Pour rejeter ou confirmer l'hypothèse d'un OH dans le noyau F, nous l'avons éliminé selon Marker, en oxydant la pseudoruscogénine, puis en hydrolysant l'ester formé par KOH méthylalcoolique. Nous avons ainsi obtenu un 20-céto Δ_5-prégnène 16-méthoxylé, le réactif alcalin ayant bloqué l'OH en 16 lors de sa formation au cours de l'hydrolyse. Ce prégnène contient deux oxhydryles, en plus de celui bloqué par le méthoxyle; le deuxième OH de la ruscogénine est donc en 18, 19 ou 21. S'il en est ainsi, c'est un alcool primaire et son oxydation doit conduire à un monoacide.

C'est effectivement ce que nous avons constaté. L'oxydation douce aboutit à un aldéhyde, une oxydation plus poussée à un monoacide. L'application de la méthode des rotations moléculaires montre que le deuxième OH doit être en 19; la ruscogénine serait donc le Δ_5-22*a*-spirostène 3-β-19-diol.

Si cette formule est exacte, l'oxydation d'Oppenauer du monoacétate de la ruscogénine doit donner un alcool α-β insaturé et γ-δ cétonique, vinylogue d'un β-cétol primaire auquel les alcalis arrachent CH_2OH en donnant le dérivé nor (Barton et de Mayo). C'est ce que nous avons constaté, obtenant ainsi la 19-nor-ruscogénone, premier exemple connu d'une 19-norgénine.

La ruscogénine est donc l'une des très rares substances naturelles stéroliques dont un méthyl angulaire est oxydé, comme dans la strophantidine, l'ouabaïne et l'aldostérone. Non seulement elle représente un nouveau type de génine

stérolique, mais elle permet de préparer très aisément la 19-nor-ruscogénone, nouvelle génine d'un type inconnu que nous avons pu ainsi synthétiser et étudier. Elle rend en outre très accessibles les dérivés 19-nor du prégnane, et en particulier la 19-nor-progestérone, dont nous sommes en train de réaliser ainsi la synthèse partielle, et qui selon Ehrenstein ([4]) est huit fois plus active que la progestérone elle-même et serait peut-être la véritable hormone lutéale. L'étude de ces dérivés est en cours dans notre laboratoire, ainsi que celle des autres génines isolées à côté de la ruscogénine, et qui en sont probablement des isomères dans le noyau F.

PHYSIOLOGIE. — *Hypoglycémie et diminution de la tolérance au glucose chez le Canard après pancréatectomie totale.* Note (*) de M. **Pierre Mialhe**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

Le pancréas du Canard se compose de trois parties : une branche ventrale, une branche dorsale et une branche splénique très fine, située ventralement par rapport à l'anse duodénale, mais soudée à la branche dorsale à travers le mésentère.

D'après un certain nombre d'auteurs [Minkowski ([1]); Kausch ([2]), ([3]); Seitz et Ivy ([4]); Sprague et Ivy ([5]); Mirsky, Nelson, Grayman et Korenberg ([6])], la pancréatectomie provoque chez le Canard un diabète léger et passager, suivi au bout de 3 à 6 jours d'un retour à la normale de la glycémie et de la tolérance au glucose. Nous montrerons dans un autre travail que cette évolution est la conséquence d'une pancréatectomie subtotale, laissant en place la moitié antérieure de la branche splénique.

Les résultats d'une ablation totale du pancréas sont entièrement différents. Nous avons utilisé 24 canards et canes Kaki-Campbell âgés de 1 à 12 mois; 16 sont morts 2 à 24 h après l'opération, avant que nous ayons pu mettre en évidence qu'elle provoque une chute irréversible de la glycémie. La mort ne peut être due au choc opératoire, ni à une lésion d'un autre organe que le pancréas. En effet, l'ablation des branches dorsale et splénique est difficile et provoque souvent des hémorragies abondantes; elle dure en général une heure et demie; par contre, l'ablation de la branche

---

([4]) G. W. Barber et M. Ehrenstein, *J. Org. Chem.*, 20, 1955, p. 1253.

(*) Séance du 24 octobre 1955.

([1]) *Arch. exp. Path. Pharm.*, 31, 1893, p. 85.

([2]) *Ibid.*, 37, 1896, p. 274.

([3]) *Ibid.*, 39, 1897, p. 219.

([4]) *Proc. Soc. exp. Biol. Med.*, 26, 1929, p. 463.

([5]) *Amer. J. Physiol.*, 115, 1936, p. 389.

([6]) *Ibid.*, 135, 1941, p. 223.

ventrale est extrêmement aisée et ne dure que 10 mn. Or, si dans un premier temps, on enlève les branches dorsale et splénique, on constate que l'opération est suivie d'une légère hypoglycémie, durant 2 à 4 h, puis d'un rétablissement complet de l'animal. Quand, dans un deuxième temps, 3 jours, 8 jours ou 2 mois plus tard, on enlève la branche ventrale, l'intervention est suivie d'une hypoglycémie mortelle. Si, au contraire, on ne laisse que la moitié antérieure du segment splénique, on obtient un diabète passager. L'ablation de ce reste provoque inévitablement la mort du canard opéré. C'est donc bien l'absence de pancréas, et non l'opération elle-même, qui entraîne l'hypoglycémie.

Après pancréatectomie totale, les animaux présentent des signes de faiblesse et de somnolence, qui s'accentuent au fur et à mesure que la glycémie descend. Puis, les canards opérés sont saisis de convulsions et meurent, généralement au bout de 2 à 4 h; certains résistent 18 à 24 h à l'hypoglycémie.

Pour que les animaux survivent, on doit leur injecter du glucose; nous avons employé des doses de 1,75 g/kg, en solution à 30 %. Dans nos premières expériences, chez 4 canards de 3 mois, nous avons vérifié que les injections de glucose, répétées à des intervalles de 3 h environ, maintenaient en vie les canards opérés; dans ces conditions, la glycémie atteint des valeurs considérables (jusqu'à 1100 mg de glucose pour 100 cm^3 de sang au bout de 20 h); elle redescend au-dessous de la normale si on cesse les injections.

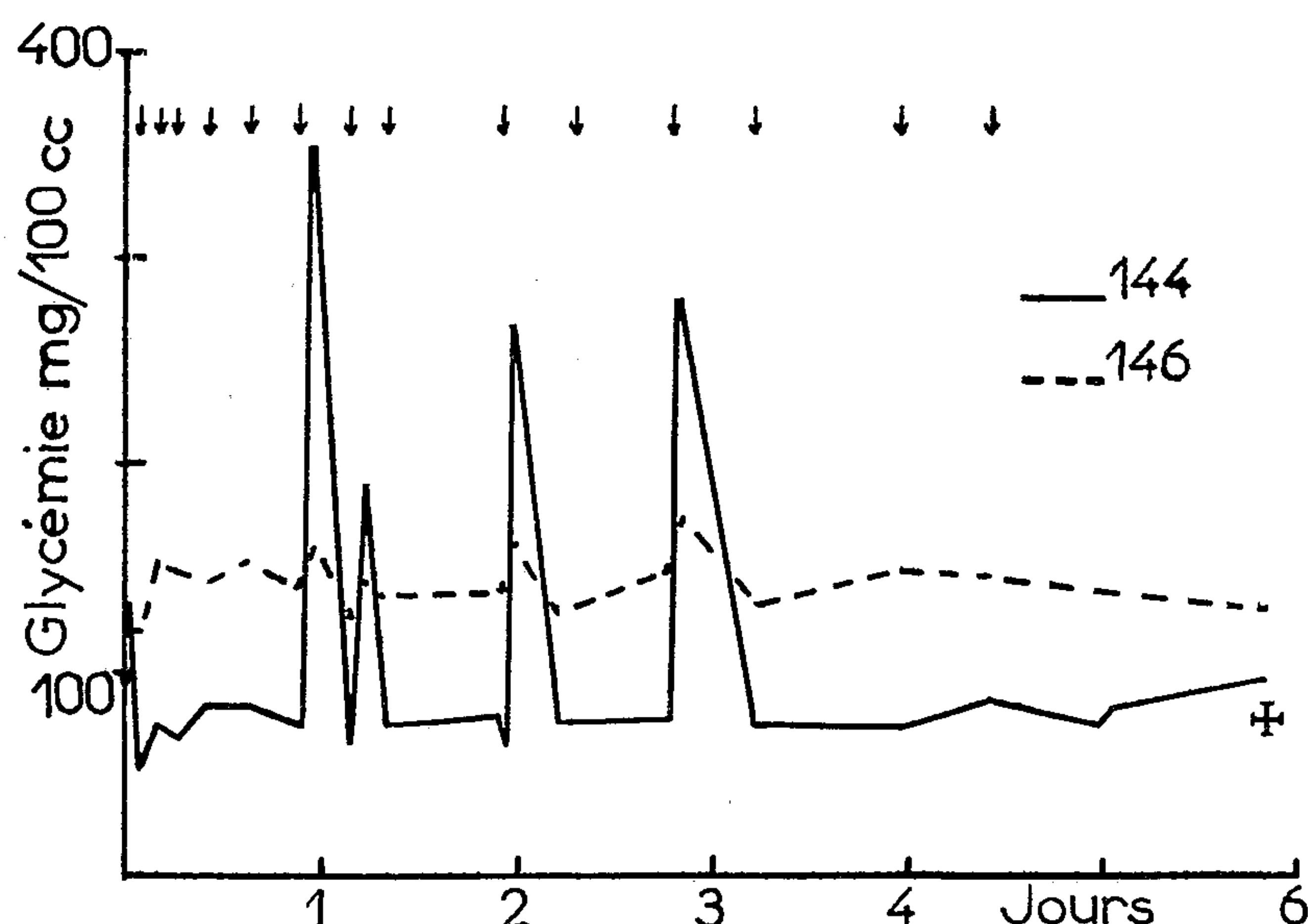
Chez 4 autres mâles âgés de 3 mois, nous avons essayé d'injecter seulement la quantité de glucose indispensable à la survie; nous attendions pour faire chaque injection que le canard opéré donnât des signes de faiblesse, ou même fût pris de convulsions. La glycémie est déterminée avant chaque injection et 1 h après certaines injections; on mesure ainsi d'une manière simple la tolérance au glucose. Chez le Canard normal, la glycémie revient à sa valeur de base, ou à un chiffre à peine supérieur, 1 h après injection de 1,75 g de glucose par kilogramme.

Nous avons pu mettre ainsi en évidence deux phénomènes : d'une part, l'hypoglycémie est durable; les crises de convulsions s'espacent au cours du premier jour après l'opération, puis disparaissent en général au bout de 24 à 48 h; mais l'hypoglycémie persiste jusqu'à la mort de l'animal, qui survient au bout d'un temps variable (1 à 27 jours). La résistance à l'hypoglycémie varie également d'un sujet à l'autre : pour un même niveau de la glycémie, on observe, suivant les canards, 1 à 6 crises de convulsions pendant la première journée.

D'autre part, dès la première injection (donc 2 h après l'opération dans un certain nombre de cas), la tolérance au glucose est diminuée : 1 h après

l'injection, la glycémie est restée anormalement élevée. Ce phénomène se répète après chaque injection.

Un autre fait, dont nous ignorons encore l'explication, est à remarquer : les canards opérés boivent, mais ne mangent pas. Enfin, nous avons vérifié que les canards de la race Pékin, sur lesquels avaient travaillé notamment Nelson et coll., se comportent de la même façon que nos animaux.



Évolution de la glycémie chez le Canard pancréatectomisé. Chaque flèche correspond à une injection de 1,75 g de glucose par kilogramme. La tolérance au glucose a été déterminée après quatre injections, ce qui donne quatre pointes d'hyperglycémie chez le Canard pancréatectomisé. Une courbe complète comporterait une pointe d'hyperglycémie après chaque injection.

La figure montre l'évolution de la glycémie d'un canard pancréatectomisé (nº 144), qui a survécu 6 jours, et d'un canard témoin ~~(nº 146)~~ soumis aux mêmes injections. Six injections de glucose ont été nécessaires le premier jour, deux ~~le deuxième jour. Ensuite, les injections ont servi à~~ déterminer la tolérance au glucose (les quatre pointes d'hyperglycémie leur correspondent), ou ont été faites le soir pour éviter le risque que l'animal ne meure pendant la nuit.

La diminution de la tolérance au glucose correspond évidemment à la privation d'insuline; elle réflète un diabète latent, qui commence immédiatement après l'opération. L'insuline demeure indispensable à un métabolisme glucidique normal durant toute la survie de l'animal, ce qui est contraire aux conceptions antérieures.

L'hypoglycémie doit être attribuée au manque de glucagon, comme nous le montrerons dans un prochain travail. Chez le Canard, le glucagon est vraisemblablement un facteur indispensable, sans lequel le foie ne peut sécréter de glucose en quantité suffisante pour assurer une glycémie normale.

Chez les canards auxquels on a enlevé les branches dorsale et splénique du pancréas, l'hypoglycémie passagère correspond à un déficit temporaire en glucagon; la branche ventrale assure rapidement le retour à la normale.

En conclusion, il est intéressant de constater que l'évolution de la glycémie après pancréatectomie met en évidence l'absence d'insuline chez les Mammifères, alors qu'elle fait apparaître l'absence de glucagon chez le Canard; les injections de glucose permettent de déceler les effets de la disparition de l'insuline chez cet animal.

PHYSIOLOGIE. — *Variations théoriques du gaz alvéolaire au cours du cycle respiratoire*. Note de M. **Jacques Lacoste**, présentée par M. Léon Binet.

Diffusion et ventilation sont reliées par un diagramme. Celui-ci permet d'établir un système d'équations ayant pour objet d'interpréter, sur le plan théorique, les faibles variations de composition du gaz alvéolaire au cours du cycle respiratoire.

Considérant le cycle respiratoire comme une unité fonctionnelle, et pour mieux relier entre eux les principaux facteurs de la ventilation et de la diffusion, nous avons établi un diagramme représentatif, à partir de l'appareil respiratoire schématique généralement admis.

Les symboles proposés sont les suivants :

1° *Volumes* (en abscisses) :

Volume alvéolaire fonctionnel, avant inspiration	F
» de l'espace mort	M
» d'air inspiré	I
» de gaz expiré	E

2° *Taux de gaz*, par exemple CO_2 (en coordonnées) :

CO_2 alvéolaire après diffusion, fin de cycle	c_d
CO_2 alvéolaire, en fin d'inspiration, si la ventilation agissait seule	c_v
CO_2 alvéolaire, en fin d'inspiration, en tenant compte de la diffusion,	c_i
CO_2 moyen dans le gaz expiré total	c_t

On suppose constant le débit de CO_2 diffusé pendant l'expiration. Enfin, le rapport $c_d - c_i / c_d - c_v = K$ représente l'indice de répartition de la diffusion sur les deux temps respiratoires. Il peut varier de *zéro* (diffusion toute inspiratoire). à *un* (diffusion entièrement expiratoire) (*fig.* 1).

L'interprétation géométrique du diagramme permet d'écrire certaines relations unissant ces variables. Par exemple

(1) $$(F + I)(c_d - c_v) - (I - M) c_d = 0$$ (ventilation seule).

et

(2) $$I\left(\frac{c_d + c_i}{2} - c_t\right) - M c_d = 0$$ (ventilation, diffusion et rôle de l'espace mort).

De (1) on peut tirer la valeur de $c_i(f)$(F, M, I, c_d et K) :

$$c_i = c_d\left(1 - K\frac{I - M}{I + F}\right). \qquad (1')$$

On porte cette valeur dans l'équation (2) :

$$I^2\left(\frac{K}{2} + \frac{c_t}{c_d} - 1\right) - I\left[F\left(1 - \frac{c_t}{c_d}\right) - M\left(1 - \frac{K}{2}\right)\right] + FM = 0. \qquad (2')$$

Un diagramme analogue, inversé, expose les relations intéressant le cycle de l'oxygène. Le taux de référence est ici o_a, taux d'O_2 de l'air inspiré, au lieu du

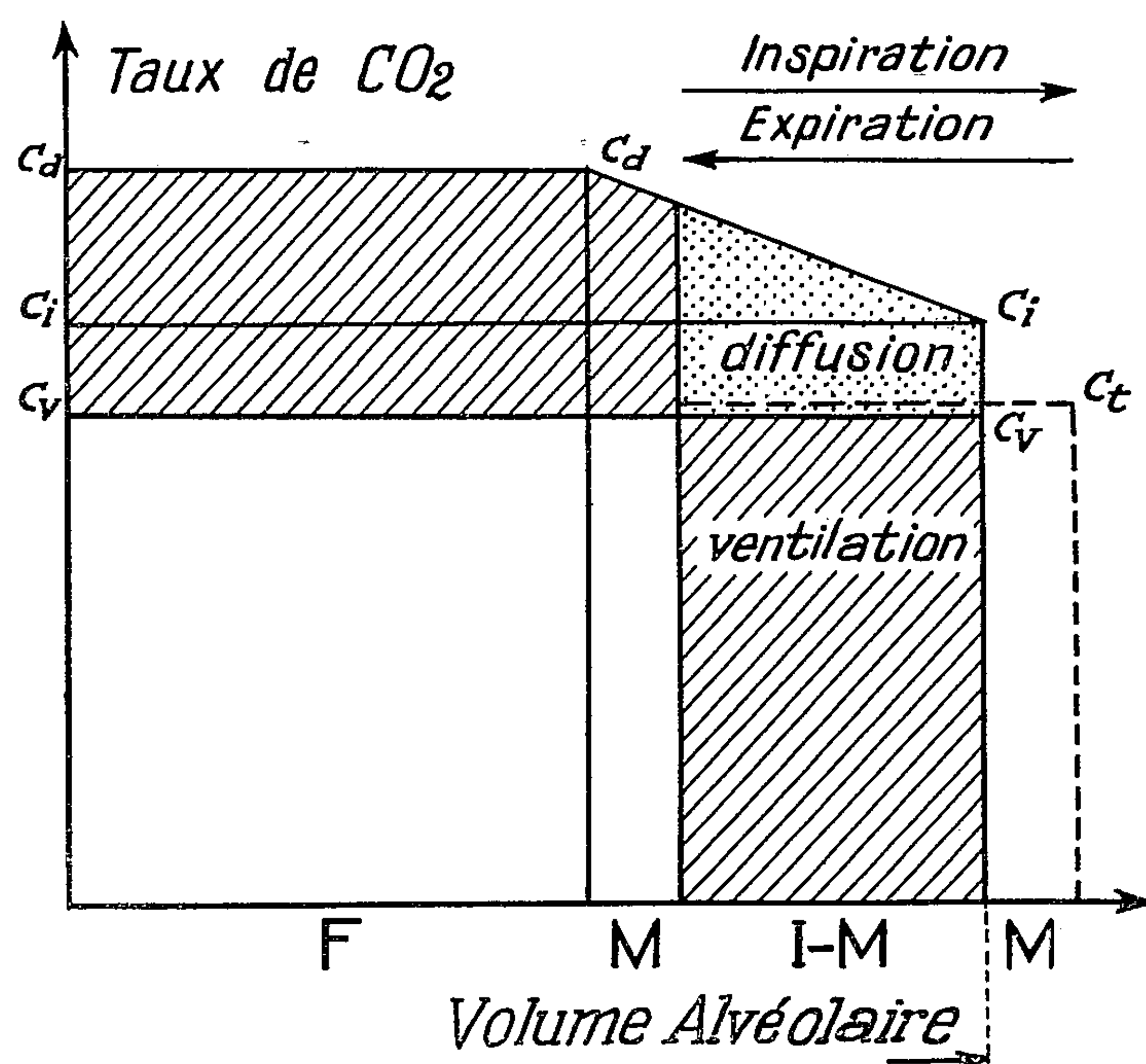


Fig. 1.

taux de CO_2 de l'air, considéré comme nul. Le passage d'un diagramme à l'autre s'effectue grâce à l'équation dite « du gaz alvéolaire » :

$$o_x = o_a\frac{I}{E} - \frac{c_x}{R} \quad (^1), (^2), (^3),$$

dans laquelle I/E est un terme correctif, lié au Quotient Respiratoire, R, généralement différent de 1.

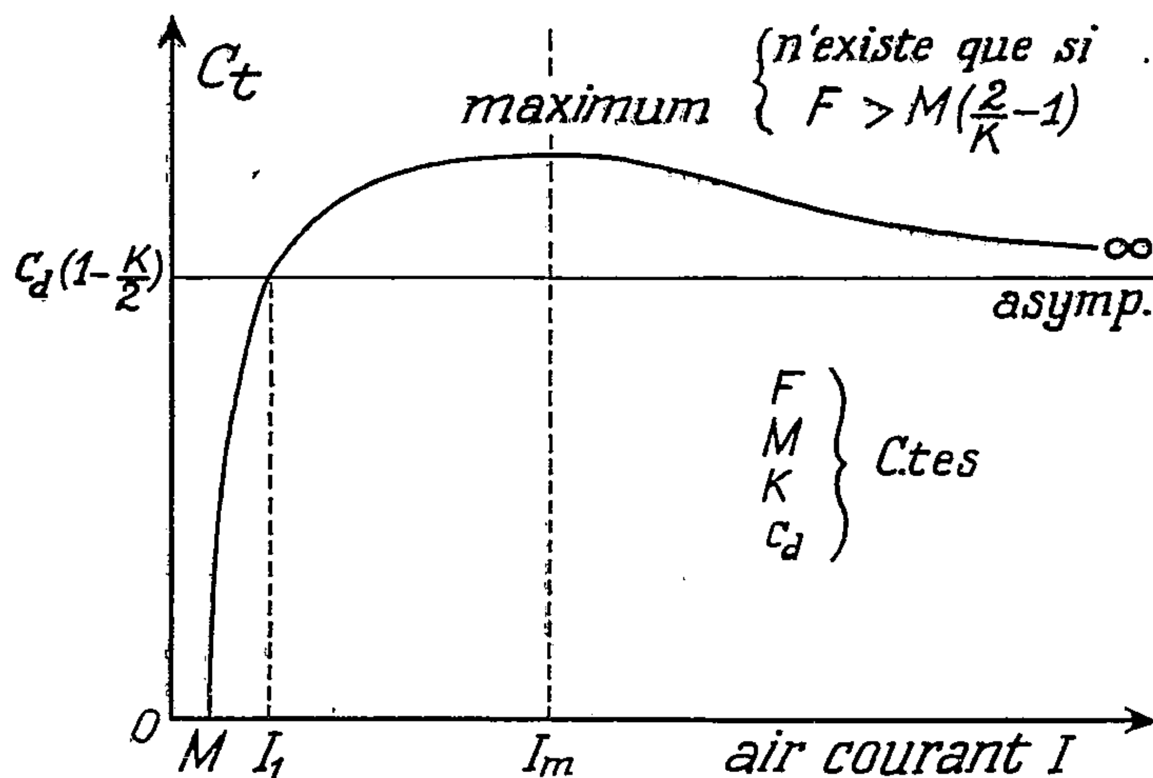
L'expression (2') constitue le lien implicite existant entre les six variables choisies, dans le cadre théorique de l'appareil respiratoire simplifié. En explicitant c_t, variable dépendante, on peut décrire ses variations en fonction de I,

(1) Fenn, Rahn et Otis, *Amer. J. Physiol.*, 146, 1946, p. 637.
(2) Pappenheimer, *Fed. Proc.*, 9. 1950, p. 602.
(3) Dejours, *J. Physiol.*, (F), 46, 1954, p. 679.

qui sont celles du « rendement » du cycle respiratoire, pour le rejet de CO_2. On a ainsi

(3) $$c_t = c_d\left(1 - \frac{M}{I} - \frac{K}{2}\frac{I-M}{I+F}\right).$$

Plusieurs constatations découlent de cette expression de c_t (*fig.* 2) :



Fig, 2.

1° Au-delà d'un certain volume inspiré $I_1 = 2F/K[(F/M)+1]-2$ (indépendant de c_d), à chaque ensemble de facteurs fonctionnels (F, M, K, c_t) correspondent *deux* valeurs différentes de I, l'air courant, assurant deux niveaux différents d'échanges respiratoires.

2° Pour $I = I_m = 2F + 2\sqrt{2K[(F/M)-1]}/K[(F/M)+1]-2$ (indépendant de c_d), apparaît un *maximum* de « rendement » c_t du cycle respiratoire.

3° Par ailleurs, on voit que le rendement du cycle, pour un même air courant, est :

augmenté si F, volume alvéolaire fonctionnel, augmente, si c_d, taux de CO_2 alvéolaire maximum, augmente;

diminué si M, espace mort, augmente, et si K = diffusion expiratoire/diffusion totale, augmente.

CYTOLOGIE. — *Une nouvelle formule chromosomique dans le groupe d'*Erebia tyndarus *Esp.* (*Lépidoptères* Satyrinæ). Note (*) de M. **Hubert de Lesse**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

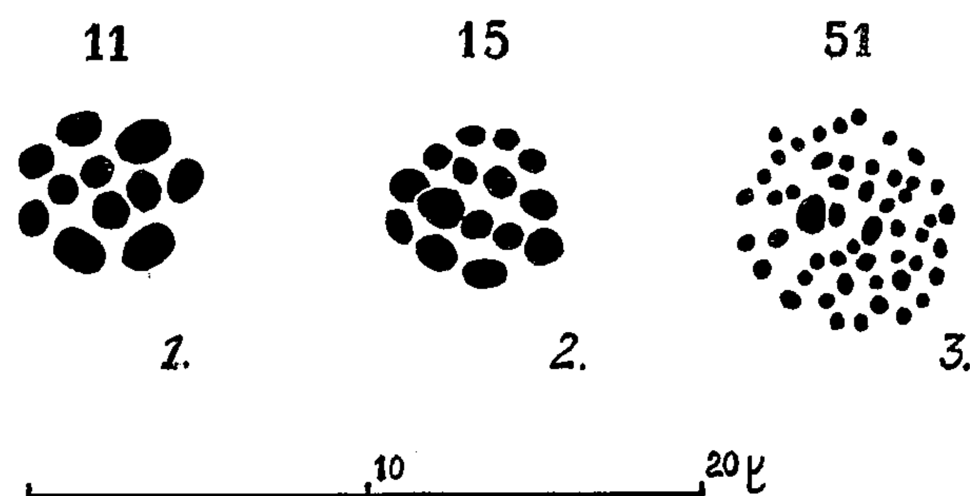
Dans une récente Note ([1]), j'ai fait connaître deux nouvelles formules

(*) Séance du 14 novembre 1955.

([1]) *Comptes rendus*, 240, 1955, p. 347.

chromosomiques dans ce groupe : celle de *callias* Edw. du Colorado ($n = 15$) (*fig.* 2), et celle de *nivalis* Lrk. et de Lesse du Gross Glockner ($n = 11$) (*fig.* 1) ([2]).

Or, Warren (Monograph of the genus *Erebia*, 1936), s'appuyant sur la seule forme des valves des *genitalia* mâles a réuni à *callias* toutes les formes de *tyndarus* connues d'Asie centrale, ainsi que les formes *iranica* Gr. Gr. d'Iran (Demavend) et *sheljuzhkoi* Wrn du Caucase. Enfin, il faudrait y ajouter *dromulus* Stgr décrit de l'Ararat et du Pontus. Les valves du mâle de Staudinger (Muséum de Berlin, prép. de Lesse 1358) provenant de l'Ararat ([3]), que je choisis comme lectotype, sont en effet d'un type voisin de celui d'*iranica*.



Plaques équatoriales de la première division de maturation.

Fig. 1. — *Erebia nivalis* Lrk. et de Lesse ($n = 11$).

Fig. 2. — *E. callias* Edw. ($n = 15$); *E. iranica* Gr. Gr. ($n = 51$).

De cette façon, *callias* comprendrait des formes très différentes extérieurement, et dont même les valves des genitalia mâles n'ont qu'un aspect de parenté assez lointain dans bien des cas. Enfin, l'étendue de l'aire morcelée (du Colorado au Caucase) de l'espèce ainsi conçue paraît peu compatible avec ce que l'on sait maintenant de l'évolution de ce groupe, et particulièrement de ses formules chromosomiques.

Au cours d'une mission effectuée en Iran, durant l'été 1955, je me suis donc attaché à récolter et fixer, dans différents massifs, de nombreux imagos du groupe de *tyndarus*. Les résultats de ce travail sont consignés ci-dessous.

([2]) Afin de trancher la question de nomenclature abordée par Warren (*Entomologist*, 88, 1955, p. 227-231), je choisis comme lectotype de *cassioides* Hohenwarth, la figure 1 (tab. 6) accompagnant la description originale de cet auteur (*in* J. Reiner et S. Hohenwarth, 1792 : *Botanische Reisen nach einigen oberkärntnerischen und benachbarten Alpen*, etc.), en me référant ainsi aux *Règles internationales de Nomenclature* (1953), article 31, décisions de Copenhague 136 et 137, p. 72 à 74.

([3]) Cet exemplaire m'a été communiqué par le Professeur Hering de Berlin.

Groupe de *tyndarus*.	Localités.	Nombres haploïdes.	Nombres diploïdes.	Nombres d'individus.
ssp. *iranica* Gr. Gr. . .	Demavend, 3 400 m	–	$2n = 102$ [4]	1
ssp	Sahend, 3 200 m	$n = 51$ (*fig.* 3)	–	2
ssp	Savalan, 3 200 m	$n = 51$	–	1

1. Nous trouvons ici un nouvel exemple de formule élevée dans le groupe de *tyndarus*, mais qui ne paraît pas être le résultat de la polyploïdie, les chromosomes étant d'autant plus petits qu'ils sont plus nombreux (voir *fig.* 1-3). On remarquera pourtant que la formule $n = 51$ est presque double de $n = 25$ trouvé chez *hispania* de la Sierra Nevada.

2. *Iranica* ($n = 51$ au Demavend) et *callias* ($n = 15$ au Colorado) ne sont pas cospécifiques; leurs différences extérieures et même de genitalia sont du reste assez marquées. Reste à savoir, du point de vue de la nomenclature, si *iranica* Gr. Gr. 1895 appartient à la même espèce que *sibirica* Stgr 1881, avec lequel, entre autres, Warren (*loc. cit.*, 1936) l'a rattaché à *callias* d'après certaines similitudes des seules valves. Mais *sibirica* est aussi éloigné extérieurement et par ses genitalia mâles d'*iranica* que celui-ci l'est de *callias*. Et l'éloignement géographique est ici assez considérable aussi. Il est donc probable que l'on doive adopter le nom *iranica* comme nom spécifique pour la forme du Demavend.

3. Enfin, le cas des races du Sahend et du Savalan reste énigmatique. Elles ont en effet la même formule chromosomique très particulière qu'*iranica*, et leur aspect extérieur est assez voisin. Mais leurs genitalia mâles sont nettement différents; les valves, entre autres, larges avec une grande épine isolée assez loin de l'extrémité chez les formes du Sahend et du Savalan, rapprochent ces dernières de *graucasica* Jachontov [si toutefois l'on s'en tient à la description d'exemplaires rapportés à cette forme par Warren (*loc. cit.*, 1936)]. De plus, les femelles du Savalan collent leurs œufs, alors que celles d'*iranica* les déposent. On peut donc se demander s'il n'y a pas, en Iran, deux espèces de même formule ($n = 51$), mais différant bien par d'autres caractères. Et, si c'est le cas, il n'est guère aisé alors d'appliquer avec certitude un nom d'espèce déjà existant aux formes du Sahend et du Savalan, puisqu'on ignore la formule chromosomique de *graucasica* du Caucase, et même les caractères des genitalia du type ou de topotypes de cette forme. Enfin, inversement, il n'est pas exclu que toutes les formes d'Iran à $n = 51$ appartiennent à une même espèce, ce qui restreindrait pourtant beaucoup la valeur des genitalia entre autres.

---

(4) Ce nombre a été compté sur plusieurs plaques équatoriales de spermatocyte I typique, où les chromosomes homologues non conjugués se trouvaient disposés sensiblement dans le même plan en figures régulières.

ENDOCRINOLOGIE. — *Effets de la thyroïdectomie sur la teneur du sang en éosinophiles chez le Rat.* Note de M. **Alexandre Aschkenasy** (1), présentée par M. Robert Courrier.

Nous avons montré antérieurement que l'administration prolongée (pendant 5 ou 8 mois) d'extrait thyroïdien à des cobayes augmentait considérablement la richesse de leur sang en éosinophiles (2); que, d'autre part, chez des rats rendus éosinopéniques par une carence protéique prolongée, des injections de thyroxine faites pendant la période de réalimentation protéique accéléraient d'une façon notable la régénération des éosinophiles (3).

Cette Note montre que la thyroïdectomie provoque chez le Rat au bout d'une semaine une chute très importante et statistiquement significative de l'éosinophilie sanguine, chute qui ne s'explique pas par le seul traumatisme opératoire.

Technique expérimentale. — Des rats blancs mâles de 90 à 120 g apparentés entre eux, sont répartis en trois groupes : le premier groupe (9 rats) subit (sous anesthésie à l'éther) une intervention simulant la thyroïdectomie, sans ablation de la glande; le second groupe (13 rats) est réellement thyroïdectomisé, l'opération comportant également l'ablation des parathyroïdes; le troisième groupe (7 rats) est privé à la fois de surrénales et de thyroïde. Il reçoit comme boisson une solution de NaCl à 1 %.

Nombre d'éosinophiles sanguins par millimètre cube ($\pm E_s$), *avant et après une thyroïdectomie, seule ou associée à une surrénalectomie.*

Groupe.	Nombre de rats.	(1) 2 jours avant.	(2) Jour de l'opération.	(3) 4e jour après.	(4) 8e jour après.	Différences (%) entre : (2) et (3),	(2) et (4).
Pseudo-thyroïdectomisé...	9	204 ± 55	226 ± 49	185 ± 65	153 ± 24	−20,9 ±12	−16,7 ±16,8
Thyroïdectomisé.........	13	340 ±125	274 ± 68	100 ± 32	57 ± 15	−47,4 ±10	−75 ± 4,2
Thyro-surrénalectomisé...	7	489 ± 21	579 ± 82	529 ±100	466 ± 42	− 5,2 ±15	−15 ± 8,5

Les rats sont tous maintenus à une température constante (22° C) et à

---

(1) Avec la collaboration technique de Mlle Christiane Neveu.

(2) F. Layani, A. Aschkenasy et J. Mignot, *Ann. d'Endocrinol.*, 8, 1947, p. 206.

(3) A. Aschkenasy et F. Dray, *Le Sang*, 25, 1954, p. 461.

un régime équilibré (18 % de caséine) ([4]) à partir du 5e jour avant l'opération jusqu'à la fin de l'expérience.

Les prélèvements de sang ont lieu l'avant-veille et le jour même de l'opération et les 4e et 8e jours après, chaque fois à la même heure de la journée. Les éosinophiles sont comptés selon le procédé de T. G. Randolph ([5]).

Résultats. — La thyroïdectomie est suivie d'une réduction remarquable de l'éosinophilie, réduction qui atteint des proportions particulièrement importantes au 8e jour ($-75\,\% \pm 4{,}2$ comparativement aux derniers chiffres pré-opératoires). La différence par rapport aux changements observés chez les rats pseudo-opérés est largement significative (t de Fisher $= 3{,}9$; $P < 0{,}01$).

Or, chez les rats qui ont été privés à la fois de surrénales et de thyroïde, on ne décèle aucune modification notable de l'éosinophilie.

Discussion. — Comme le montre la comparaison avec les rats pseudo-thyroïdectomisés, l'éosinopénie thyréoprive ne peut s'expliquer par une stimulation passagère des cortico-surrénales sous le simple effet de l'agression opératoire (« stress »).

Néanmoins, devant la suppression du phénomène par la surrénalectomie, on ne peut éliminer la possibilité d'un hyperfonctionnement des cortico-surrénales à l'origine de cette éosinopénie, hyperfonctionnement que serait non pas un effet passager du traumatisme opératoire mais une conséquence spécifique de la thyroïdectomie. Il se produirait une sorte de libération fonctionnelle de ces glandes après suppression du frein thyroïdien.

Il est vrai que l'absence de toute éosinopénie chez les rats thyro-surrénalectomisés pourrait s'expliquer aussi par une simple neutralisation réciproque des effets opposés des deux opérations sans qu'interviennent des relations directes entre les deux glandes.

Conclusions. — La confrontation des teneurs sanguines en éosinophiles présentées par des rats mâles avant et après une thyroïdectomie complète ou simulée, révèle que la première des deux opérations est suivie d'une chute très importante de l'éosinophilie, chute qui est prévenue par l'ablation simultanée des surrénales. Ce résultat suggère une intervention de la thyroïde dans le contrôle de l'éosinopoïèse, cette intervention étant antagoniste de celle des cortico-surrénales.

([4]) Pour la composition du régime, *cf.* A. Aschkenasy, *Ann. d'Endocrinol.* 16, 1955, p. 199.

([5]) *J. Lab. clin. Med.*, 34, 1949, p. 1696.

EMBRYOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Les effets du zinc et l'induction embryonnaire chez l'Amphibien* Triton alpestris. Note de M. **Roger Lallier**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

L'acétate de zinc induit la formation d'expansions épiblastiques dans la neurula de *Triton alpestris*. Ces résultats sont interprétés en liaison avec les expériences de blocage de l'induction par le formol. Une interprétation enzymatique de l'induction embryonnaire est présentée, attribuant le rôle inducteur à des enzymes protéolytiques issus de la lèvre dorsale du blastopore.

I. Michalowsky (1), L. I. Falin (2) ont montré chez les Oiseaux que l'injection d'une solution de chlorure de zinc dans le testicule induit la formation de tératomes.

L'intérêt de ces expériences pour le problème de l'organisation embryonnaire nous a incité à examiner les effets de l'acétate de zinc sur le développement de l'œuf de l'Amphibien urodèle *Triton alpestris*.

Les œufs débarrassés de leur gangue sont cultivés dans des solutions d'acétate de zinc dans l'eau de ville. Les concentrations utilisées vont de 1/1000e à 1/20 000e. Les embryons sont mis dans les solutions soit au début de la segmentation, stades 2 et 4 blastomères, soit au début de la gastrulation. Après 5 à 6 jours de développement, ils sont fixés au Zenker, puis coupés et colorés au vert de méthyle-pyronine selon Unna.

A la concentration 1/1000e, l'acétate de zinc est très toxique, très peu d'embryons « neurulent ». Les résultats les meilleurs sont obtenus avec les concentrations 1/2 000e et 1/3 000e. Ils diffèrent d'ailleurs peu les uns des autres, sauf dans les solutions à 1/2 000e où la survie est plus brève. Les anomalies présentées par ces embryons se rencontrent aussi dans les solutions plus diluées, mais elles y sont plus rares et peu marquées. Dans les solutions à 1/2 000e et 1/3 000e, les embryons se développent sans retard sensible sur les témoins. Des excroissances en nombre variable, quatre à huit en général, se développent sur les neurulas. Leur forme et leur taille varient, ainsi que leur emplacement sur le corps de l'embryon. Elles se présentent comme des lames épaisses ou des protubérances arrondies s'insérant sur le corps par une base élargie ou rétrécie en forme de pédoncule. La surface de ces excroissances est lisse ou au contraire plissée et forme une sorte de caroncule. En général de la même couleur que l'embryon, elles sont parfois plus pigmentées que celui-ci. Elles sont situées dans la région céphalique, dorsalement ou latéralement au niveau des yeux ou

(1) *Virchow's Arch. Pathol. Anat. and Physiol.*, 27, 1929, p. 319-325.

(2) *Amer. J. Cancer*, 38, 1940, p. 199-211.

dans la région otique. On en trouve également dans la région troncale, occupant une position médiodorsale, latérale ou même médioventrale.

A l'examen microscopique, ces expansions apparaissent formées d'un tissu dense, riche en noyaux et en continuité avec l'épiblaste de l'hôte. En examinant les relations avec les organes sous-jacents, on remarque que ces expansions se développent souvent en face de la vésicule optique à la place du cristallin. On les trouve également au niveau des otocystes et dans la région troncale en face des somites, des pronéphros ou ventralement en face de l'îlot sanguin.

Ces expansions sont constituées par des épaississements de l'épiblaste. Elles se signalent ici par leur nombre et leur développement exceptionnels. Une modification locale de la réactivité de l'épiblaste paraît responsable de ce phénomène. L'étude de la répartition de ces expansions n'indique pas en effet de relations topographiques constantes avec les organes axiaux de l'embryon. Il n'est évidemment pas exclu que la proximité de ces organes axiaux, en raison de leur haute capacité inductrice, renforce le développement de ces expansions, mais ce phénomène reste limité à des cas particuliers. Il joue à la rigueur un rôle d'appoint et ne peut expliquer à lui seul la formation d'expansions en des points éloignés de tout foyer inducteur. Comme dans les expériences de neuralisation autonome de Holtfreter ([3]) un déterminisme intrinsèque paraît être à l'origine de ces réactions épiblastiques. La fixation du zinc sur les protéines exerce un effet prononcé sur leur stabilité et modifie leur sensibilité à l'action des enzymes protéolytiques. On conçoit ainsi qu'en présence de ce métal, des structures cellulaires cessent d'être protégées contre les effets des enzymes protéolytiques intracellulaires et que leur hydrolyse entraîne d'importantes modifications structurales.

Des processus de dissociation autolytique interviennent également au cours de la précytolyse responsable de la neuralisation autonome [J. Holtfreter ([3])]. Dans ces expériences, l'évolution de l'épiblaste serait ainsi conditionnée par les relations intracellulaires entre les structures protéiques et les enzymes protéolytiques. Cette évolution autonome de l'épiblaste en l'absence d'inducteur ne représente elle-même qu'un cas particulier de la neuralisation par induction et il est possible d'étendre notre hypothèse à ce cas plus général en assimilant le stimulus inducteur à une action protéolytique émanant de la lèvre dorsale du blastopore. A cet égard, les expériences utilisant le formol nous paraissent suggestives. Nous avons montré en effet, que le formol bloque le pouvoir inducteur de

([3]) *J. Exp. Zool.*, **106**, 1947, p. 197-222.

la lèvre dorsale du blastopore [R. Lallier (4)], T. Kuusi (5), A. E. S. Smith et A. M. Schechtman (6) ont également observé cet effet. Or, le formol se combine aux groupes amines. On sait d'autre part que le blocage de ces groupes réduit sensiblement l'activité des enzymes protéolytiques [N. M. Green et H. Neurath (7)]. Il est donc possible d'imaginer une liaison entre la suppression par le formol de l'activité protéolytique de l'organisateur et la perte de son pouvoir inducteur.

Cette interprétation enzymatique de l'induction embryonnaire, en attribuant un rôle déterminant à l'action des enzymes protéolytiques issus de la lèvre dorsale du blastopore sur l'ectoderme compétent, donne ainsi une explication des phénomènes de neuralisation par induction. En assimilant l'inducteur aux enzymes protéolytiques, on peut en outre rendre compte de l'ubiquité si largement observée des propriétés inductrices et de leur démasquage dans certaines conditions, notamment au cours de la neuralisation autonome. Cette interprétation ouvre donc une voie nouvelle à l'analyse de l'induction embryonnaire.

ENTOMOLOGIE. — *Sur le cycle biologique de* Halictus marginatus (*Brullé*) (*Insecte Hyménoptère*). Note de Mlle **Cécile Quénu**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

Les nids de *Halictus marginatus* sont creusés dans des sols durs et situés près les uns des autres. La « bourgade » s'éveille dès la fin de mars. Des monticules de déblais frais apparaissent à la surface du sol, qui témoignent du travail souterrain des Insectes : ceux-ci débouchent la galerie principale des nids où ils ont passé l'hiver, creusent de nouvelles cellules. Bientôt, les déblais s'érigent en cheminées. Chaque nid se signale à l'extérieur par la surrection d'une telle cheminée construite en terre, agglutinée par de la salive. Dans la « bourgade » étudiée par nous, les cheminées, au nombre de 400 environ, sont groupées au bord d'un chemin sur une longueur d'une centaine de mètres. Leur densité atteint par endroits 32 au mètre carré. Certaines ne sont qu'ébauchées ; les plus grandes mesurent jusqu'à 6 cm de haut.

Au début d'avril, les femelles, par milliers, commencent à sortir des nids. Elles exécutent un vol de repérage, puis disparaissent pour revenir bientôt, les pattes et la brosse ventrale chargées de pollen. L'approvisionnement dure un peu plus de quinze jours. A la fin d'avril, tout rentre

(4) *Experientia*, 6, 1950, p. 92.
(5) *Arch. Biol.*, 64, 1953, p. 190-225.
(6) *J. Exp. Zool.*, 125, 1954, p. 265-284.
(7) Dans *The Proteins*, 2, 1954, Academic Press, New-York.

dans le calme. Les nids se ferment : des bouchons de terre en obstruent les entrées. Après un mois ou deux, les cheminées sont détruites par les intempéries, plus rien ne trahit alors la présence de la « bourgade ».

A la fin du mois d'août et pendant les mois de septembre et d'octobre, *quelques nids* s'ouvrent d'où s'échappent de nombreux mâles. Ceux-ci survolent la « bourgade », visitent les trous ouverts. Pas une seule femelle n'a été trouvée au dehors en cette saison.

Il existe donc dans l'année deux périodes pendant lesquelles les Insectes sont visibles : 1° avril, sortie des femelles et approvisionnement des nids; 2° septembre et octobre, sortie des mâles.

Les nids de *Halictus marginatus* sont en fait de constitutions différentes. Certains ne renferment, au printemps, qu'une seule femelle fécondée, d'autres une femelle fécondée et 5 à 10 femelles vierges, d'autres enfin une femelle fécondée et un nombre de femelles vierges qui peut être beaucoup plus élevé. De plus, avons-nous vu plus haut, les mâles ne s'échappent en automne que de certains nids, 52 sur 400 cette année (1955), les autres restant bouchés.

Il s'agit en fait de nids d'âges différents. Contrairement à ce qui se passe chez d'autres espèces du genre *Halictus*, le cycle n'est pas annuel mais s'étale ici sur plusieurs années. La fondation est l'œuvre d'une femelle fécondée à l'automne qui, au printemps, construit elle-même un nid, creuse 5 à 10 cellules qu'elle approvisionne, y pond des œufs d'où éclosent, en été, des femelles qui restent sous terre, dans leurs cellules d'origine, jusqu'au printemps prochain et *demeurent vierges*. Le nid ne s'ouvre pas en automne. L'année suivante, les 5 à 10 femelles vierges débouchent l'entrée du nid, creusent chacune dans celui-ci 5 à 10 cellules, les approvisionnent. La femelle fécondée dépose un œuf sur chaque boule de pollen (pain d'abeille); 25 à 100 femelles vierges éclosent qui restent sous terre jusqu'au printemps suivant. Après un nombre indéterminé d'années, la femelle fécondée, au lieu de donner naissance uniquement à des femelles, produit à la fois des mâles et des femelles. Les mâles ouvrent alors les nids d'où ils s'échappent en septembre et octobre et survolent la « bourgade ». Ils s'introduisent dans les nids ouverts contenant par conséquent mâles et femelles, fécondent les femelles dans leurs nids, car les femelles ne sortent pas en automne. Ce sont ces femelles fécondées qui, par la suite, se disperseront. Chacune sera à l'origine d'un nouveau nid.

Prenons le cas précis d'un nid âgé de deux ans en 1955. Il contient une femelle fécondée et neuf femelles vierges qui ont hiverné dans le nid même où elles sont écloses l'année dernière. Elles ont, cette année, débouché l'entrée du nid; chacune d'elles a construit 6 à 7 cellules; le total s'élève à 58 cellules. Celles-ci sont creusées dans de la terre argileuse, les premières à 30 cm au-dessous du niveau du sol, les dernières à 60 cm. Les neuf femelles

vierges approvisionnent ces cellules du 12 au 30 avril puis ferment le nid qui ne s'ouvrira qu'au printemps prochain. Chaque cellule contient maintenant une boulette de pollen. L'ovaire de la femelle fécondée se développe mais les œufs ne sont pas encore mûrs. Ce n'est que près d'un mois après la fermeture du nid que commencera la ponte, soit vers la fin de mai. *La femelle fécondée ou reine est seule pondeuse.* Elle dépose un œuf sur chacun des 58 pains d'abeille ainsi préparés. Les 58 œufs donnent 58 femelles qui éclosent à partir du 15 juillet et restent dans leurs cellules d'origine jusqu'à l'année prochaine. Les neuf femelles vierges, qui ont travaillé au printemps et peuvent être considérées comme des *ouvrières*, ne tardent pas à mourir. Seule, la reine subsiste. Lors de la reprise de l'activité, au printemps prochain, ce même nid comprendra une femelle fécondée et 58 femelles vierges.

Ce cycle est en fait celui d'une espèce sociale. Chaque nid abrite une société qui débute par une reine seule, se développe grâce à plusieurs générations successives d'ouvrières, meurt lorsqu'apparaissent les femelles qui, fécondées à l'automne par les mâles éclos en même temps qu'elles, sont à l'origine de nouvelles sociétés et assurent la dispersion de l'espèce.

Plusieurs points sont à souligner :

1° la brève sortie des femelles qui sont visibles à peine un mois par an : lors de l'ouverture et de l'approvisionnement des nids; elles passent tout le reste de leur vie sous terre;

2° la diapause hivernale des *femelles vierges* à l'état adulte;

3° la fécondation, à l'automne, des femelles restant dans les nids.

L'état social chez *Halictus marginatus* ne s'accompagne d'aucun polymorphisme morphologique : reines et ouvrières sont apparemment identiques.

BIOLOGIE. — *Nouvelles observations sur l'action de la cortisone injectée à des rats pendant la gestation.* Note (*) de MM. **Lincoln V. Domm** et **Pierre Leroy**, présentée par M. Robert Courrier.

Après un traitement à la cortisone durant la gestation, on constate l'éruption précoce des incisives des jeunes rats. Cette précocité semble devoir être attribuée au retard de développement des os de la face et à l'atrophie des tissus des gencives.

Quand la cortisone est injectée à des rattes gestantes ou à des fœtus *in utero*, son action retentit sur les jeunes : elle se manifeste à la naissance et dans les jours qui suivent. La parturition peut être retardée de quelques jours, les petits ont une taille et un poids réduits, leur glande

(*) Séance du 10 octobre 1955.

surrénale peut être atrophiée. Outre ces effets déjà mentionnés [1], des expériences nouvelles nous permettent de signaler que chez les jeunes, nés viables après un traitement à la cortisone, les incisives supérieures et inférieures peuvent apparaître prématurément.

Nous avons utilisé pour nos expériences des rats de la race Sprague-Dawley et des élevages de Commentry.

A. 14 femelles gestantes ont reçu une dose totale de cortisone variant de 10 à 70 mg en 2 ou 10 injections réparties sur un nombre de jours correspondant. Dès le début du traitement, les injections ont été faites quotidiennement. Sur les 14 femelles, 9 ont donné naissance à un total de 76 petits; les 5 autres sont mortes au cours de l'expérience ou ont perdu leurs fœtus.

Alors que chez les jeunes rats non traités de nos élevages, les incisives supérieures et inférieures apparaissent entre les 9ᵉ et 12ᵉ jours, les incisives supérieures ont percé les gencives dès le 5ᵉ jour après la naissance chez trois petits d'une nichée de 9. Elles ont apparu le 6ᵉ jour dans cinq autres nichées, le 7ᵉ jour dans les trois dernières. Les incisives ont apparu à la mâchoire inférieure le 6ᵉ jour pour l'un des 76 petits; les 8ᵉ et 9ᵉ jours pour les autres. Ainsi les incisives supérieures sont plus précoces que les incisives inférieures.

B. 23 portées comprenant 171 fœtus ont été injectées *in utero* en une ou plusieurs injections à travers la paroi utérine, à des âges variant du 15ᵉ au 20ᵉ jours de la gestation. La dose totale injectée est comprise entre 250 μg et 1 mg. Sur les 171 fœtus, 66 petits sont nés; 44 ont survécu assez longtemps pour que l'on puisse suivre l'éruption des dents.

Avec 250 μg, quel que soit l'âge du fœtus auquel est faite l'injection, l'éruption des incisives est normale : les dents sortent entre les 9ᵉ et 11ᵉ jours, sauf dans un cas où les incisives supérieures ont percé la crête gengivale le 8ᵉ jour. Avec 500 μg l'éruption a lieu les 5ᵉ, 6ᵉ ou 7ᵉ jours pour les incisives supérieures; à partir du 7ᵉ jour pour les incisives inférieures.

Dans les deux cas où la cortisone a été injectée à la dose de 750 μg en une seule injection, les incisives ont apparu dans la cavité buccale dès le 4ᵉ jour pour les incisives supérieures, le 6ᵉ ou le 8ᵉ jour pour les incisives inférieures; les fœtus étaient de 19 et 20 jours, respectivement, au moment de l'injection.

De cet ensemble il ressort que les incisives de rats traités à la cortisone durant la gestation, devancent la date normale de l'éruption de plusieurs jours, les incisives supérieures étant les plus précoces.

D'après des observations histologiques préliminaires, il ne semble pas

(1) R. Courrier, A. Colonge et M. Baclesse, *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 333; P. Leroy et L. V. Domm, *Anat. Rec.*, 109, 1951, p. 319.

qu'il faille attribuer cette précocité à une accélération du développement des dents. Les incisives des sujets traités sont, en effet, plus courtes et moins épaisses que celles des témoins. Contrairement à l'opinion d'autres auteurs ([2]), nous ne pensons pas qu'il y ait une odontogenèse plus rapide.

En revanche, la cortisone entraîne une anomalie de croissance de la face des jeunes rats. Par suite, des processus différents d'ossification, le prémaxillaire formé en milieu conjonctif embryonnaire est en retrait sur la mandibule (os de membrane). Ce retard de croissance plus accentué à la mâchoire supérieure provoque le prognathisme de la mâchoire inférieure ([3]). En outre, l'action nocive de la cortisone sur les tissus conjonctifs et épithéliaux, réduit sensiblement l'épaisseur des gencives. Ces deux facteurs : retard de croissance de la face et atrophie des tissus, favorisent l'apparition plus rapide des incisives dans la cavité buccale.

L'éruption précoce indéniable des incisives des jeunes rats traités à la cortisone durant la gestation, semble donc pouvoir s'expliquer par le moindre développement des os de la face et des tissus des gencives, plutôt que par une action hormonale sur la papille dentaire ou sur les constituants organiques des dents.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Variations de l'activité du système oxydant les acides gras (acide octanoïque) dans le foie de Rat, en fonction du régime : adaptation métabolique.* Note (*) de Mme **Louise Harel**, présentée par M. Maurice Lemoigne.

On a étudié le phénomène de l'adaptation métabolique des enzymes dans le cas du système d'oxydation des acides gras du foie de Rat. On a mis en évidence la disparition de ce système chez l'animal soumis à un régime équilibré mais dépourvu de graisses, et sa réapparition quand, le Rat étant soumis au jeûne, les lipides de réserve sont mobilisés et oxydés.

Au cours de ces dernières années, le problème de l'adaptation métabolique des enzymes dans les tissus des animaux supérieurs a fait l'objet d'un grand nombre de recherches. En 1947, Le Breton et Champougny ([1]) ont mis en évidence les variations rapides, sous l'influence du régime, de la teneur du foie de Lapin en « apodésaturase » des acides gras supérieurs. De 1951 à 1954, Knox ([2]) a publié un ensemble de recherches sur l'adap-

(2) F. D. Goldsmith et L. Ross, *J. Clin. Endoc. Metab.*, **14**, 1954, p. 824; P. Leroy et L. V. Domm, *J. Physiol.*, **43**, 1951, p. 780.

(*) Séance du 14 novembre 1955.

(1) *C. R. Soc. Biol.*, **141**, 1947, p. 729.

(2) *Brit. J. Exptl. Pathol.*, 32, 1951, p. 462; *Bioch. J.*, 53, 1953, p. 379 et *Cellular Metabolism and infestions*, p. 47-49 (Acad. Press., New-York, 1954).

tation métabolique de la peroxydase du trytophane, Mandelsta et Yudkin [3] sur celle de l'arginase. On appelle adaptation métabolique d'un protéine-enzyme dans un tissu, les variations d'activité induites soit par la concentration du substrat spécifique, soit par l'intervention d'une sécrétion hormonale. Cette adaptation est mise en évidence par la mesure de l'activité de l'enzyme considéré, dans des conditions expérimentales strictement définies excluant l'influence de la concentration en coenzyme ou la présence d'inhibiteurs.

Nous avons étudié l'adaptation métabolique dans le cas du système oxydant les acides gras, l'acide octanoïque notamment. Les variations de teneur du foie en ce système, ont fait l'objet de recherches sur des animaux soumis quelques semaines à un régime hypoprotéique et cholinoprive [Potter et Klug (1947), M. Levy (1950), Le Van Hung (1953), Artom (1954)], mais l'importante chute d'activité constatée ne saurait être interprétée comme relevant d'une « adaptation métabolique »; il s'agit en fait d'un état pathologique dû à la privation en protéines qui comporte une série de conséquences complexes.

Dans les expériences relatées ici nous avons comparé l'activité de l'octanoxydase du foie, des trois groupes de rats suivants : 1° rats témoins, soumis à un régime standard équilibré en protéines, glucides et lipides; 2° rats soumis à ce régime, privé de lipides, où toutes les vitamines y compris l'acide linoléique sont présentes; 3° rats qui ont été soumis au régime lipidoprive, puis mis à jeun pendant quelques jours, ce qui entraîne une mobilisation des graisses vers le foie et leur utilisation.

Conditions expérimentales. — *Animaux.* — Rats Wistar mâles, adultes, pesant 200 à 250 g.

Régimes T désigne le régime standard; LP le régime lipidoprive (le saindoux du régime T y est remplacé par le saccharose en quantité isocalorique).

Température. — Les animaux sont maintenus à 28°, durant les deux à trois semaines d'ingestion du régime, pour éviter la mobilisation des graisses périphériques sous l'influence du froid.

Obtention de l'homogénat utilisé. — L'animal est tué par décapitation, 4 g de foie sont pesés exactement, homogénéisés dans 9 vol de saccharose isotonique à 5° C. On centrifuge 10 mn à 16 000 tours dans le « Centrifugeur International » refroidi, le culot est lavé à deux reprises avec la même solution. Le culot final contient les noyaux, les mitochondries et une faible partie des microsomes; il renferme la totalité de l'octanoxydase du tissu prélevé. Cette préparation souvent désignée par le terme homogénat lavé, est remise en suspension dans 5 vol de KCl isotonique. On mesure

(3) *Biochem. J.*, 51, 1952, p. 674 et 681.

l'activité enzymatique sur 1 cm³ de cette suspension dans les conditions décrites par Lehninger et Kennedy ([4]).

Résultats. — Nous n'avons rapporté ici que quelques expériences témoins, ayant par ailleurs publié de nombreux résultats analogues ([5]). Les activités s'expriment en millimètres cubes d'extra-oxygène consommé durant 20 mn par 1 cm³ de suspension. L'extra-oxygène désigné par p est la différence entre l'oxygène consommé, soit en présence, soit en absence d'acide octanoïque. On aurait pu rapporter les résultats à l'azote total de la suspension, les teneurs étant tout à fait du même ordre dans les diverses suspensions, les résultats sont identiques.

Valeur de p = extra-oxygène en millimètres cubes absorbé en 20 mn par 1 cm³ de suspension, il correspond à l'acide octanoïque oxydé.

Rats au régime T.........	127	106	91	89	–	–	–	–	Moyenne 103
Rats au régime LP........	2	8	1	0	1	3	2	87	
Rats au régime LP, puis mis à jeun 7 jours......	94	138	93	–	–	–	–	–	Moyenne 105

On voit que : 1° Les suspensions de foie de Rat soumis au régime témoin présentent une valeur de p comprise entre 90 et 127, moyenne 103; 2° Lorsque l'animal a reçu le régime lipidoprive et est gardé à 28° depuis deux à trois semaines, on obtient dans sept cas sur huit une valeur pratiquement nulle pour p; 3° Pour des animaux soumis le même temps au régime lipidoprive et ensuite mis à jeun avant le sacrifice, on constate le 7° jour de jeûne que l'activité de l'octanoxydase du foie a repris sa valeur normale (à ce moment le quotient respiratoire est celui de l'oxydation des graisses).

Conclusion. — En l'absence de substrat — régime lipidoprive — l'activité du système d'oxydation des acides gras, dans le foie du Rat, tend à disparaître totalement. Lorsque l'animal est soumis au jeûne, provoquant la mobilisation des graisses de réserve et leur arrêt dans le foie, on voit réapparaître l'activité du système. Nous pensons qu'il s'agit là d'un nouvel exemple d'adaptation métabolique.

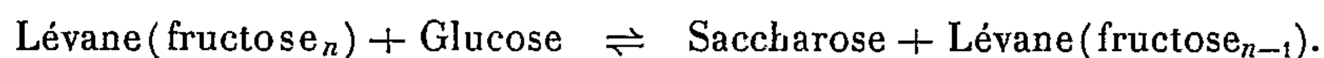
CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Mécanisme d'action de la lévane-sucrase de* Bacillus subtilis, II. *Synthèse de diholosides analogues du saccharose.* Note (*) de M. **Claude Péaud-Lenoël**, présentée par M. Maurice Lemoigne.

La lévane-sucrase catalyse, à partir de lévane et de D-galactose ou D-xylose ou L-arabinose, la synthèse de diholosides non réducteurs analogues du saccharose, dans lesquels le D-glucose est remplacé par l'un des aldoses précédents liés au fructosyl. L'enzyme possède une spécificité pour la structure commune à ces aldoses en plus de sa spécificité pour le β-fructofuranosyl.

([4]) *J. Biol. Chem.*, **179**, 1949, p. 957.
([5]) *Comptes rendus*, **236**, 1953, p. 2114 et **240**, 1955, p. 688.

(*) Séance du 14 novembre 1955.

Dans notre Note précédente ([1]), nous avons pu montrer que la lévane-sucrase catalysait réversiblement la synthèse du saccharose suivant la réaction :



$$\text{Lévane}(\text{fructose}_n) + \text{Glucose} \rightleftharpoons \text{Saccharose} + \text{Lévane}(\text{fructose}_{n-1}).$$

Nous avons étudié l'activité de l'enzyme, en remplaçant dans la réaction (1), le glucose par d'autres oses (tableau).

Le mélange réactionnel et les conditions de la réaction sont les mêmes que dans la Note précédente ([1]), l'ose étudié étant substitué au glucose, à la même concentration pondérale : 100 mg/ml. Les techniques d'analyse des produits de la réaction sont identiques à celles utilisées précédemment ([1]).

Oses mis en incubation.	Apparition d'une tache de diholoside en 12 h.	24 h.	48 h.	Rf de la tache (butanol-éthanol-eau, 4,0/1,1/1,9).
D-*glucose*	+	+++	+++	0,175
D-mannose	0	0	0	–
D-*galactose*	0	+	++	0,170
D-*xylose*	+	+++	+++	0,210
D-arabinose	0	0	0	–
L-*arabinose*	0	+	++	0,200
D-ribose	0	0	0	–
L-rhamnose	0	0	0	–
D-fructose	0	0	0	–
L-sorbose	0	0	0	–

Après quelques heures d'incubation, nous avons ainsi vu, en présence de certains aldoses, apparaître sur le chromatogramme, un produit nouveau dont le R*f* dans le mélange N-butanol, éthanol, eau, est donné par le tableau. Au contraire, dans les mêmes conditions, les autres oses étudiés ou la lévane seule, ne donnent naissance à aucune tache nouvelle.

Ces taches sont révélables par l'urée chlorhydrique, mais non par le phtalate acide d'aniline qui révèle les aldoses libres. Elles ne possèdent aucun pouvoir réducteur, comme le montre l'absence de réaction avec le triphényl-tétrazolium ([2]). Le chromatogramme développé sur butanol-acide acétique-eau (4,0/1,0/1,0), des produits de la réaction avec chaque aldose actif (tableau), peut être développé suivant la deuxième dimension, par le même solvant, après hydrolyse sur le papier par l'invertase, 1 h à 37°.

On observe alors que la tache unique révélable après le développement suivant la première dimension, a donné naissance par hydrolyse à deux

([1]) C. Péaud-Lenoël et R. Dedonder, *Comptes rendus*, 241, 1955, p. 1418.

([2]) K. Wallenfels, *Naturwiss.*, 37, 1950, p. 491.

taches de R*f* identique à ceux du fructose témoin et de l'aldose utilisé dans le mélange initial.

Ces oses titrés par rapport à une échelle témoin, montrent que le fructose et l'aldose produits par hydrolyse sont présents en quantité équimoléculaire.

Nous possédons ainsi, sur les produits étudiés, les informations suivantes :

1° Ils sont le résultat de l'activité de la lévane-sucrase;

2° Leur position sur le chromatogramme suggère qu'il s'agit de diholosides;

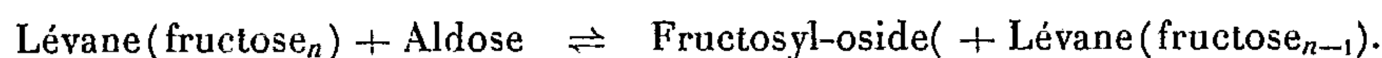
3° Ils ne sont pas réducteurs;

4° Ils sont hydrolysables par l'invertase;

5° Ils contiennent en quantité équimoléculaire du fructose et l'aldose actif qui leur ont donné naissance;

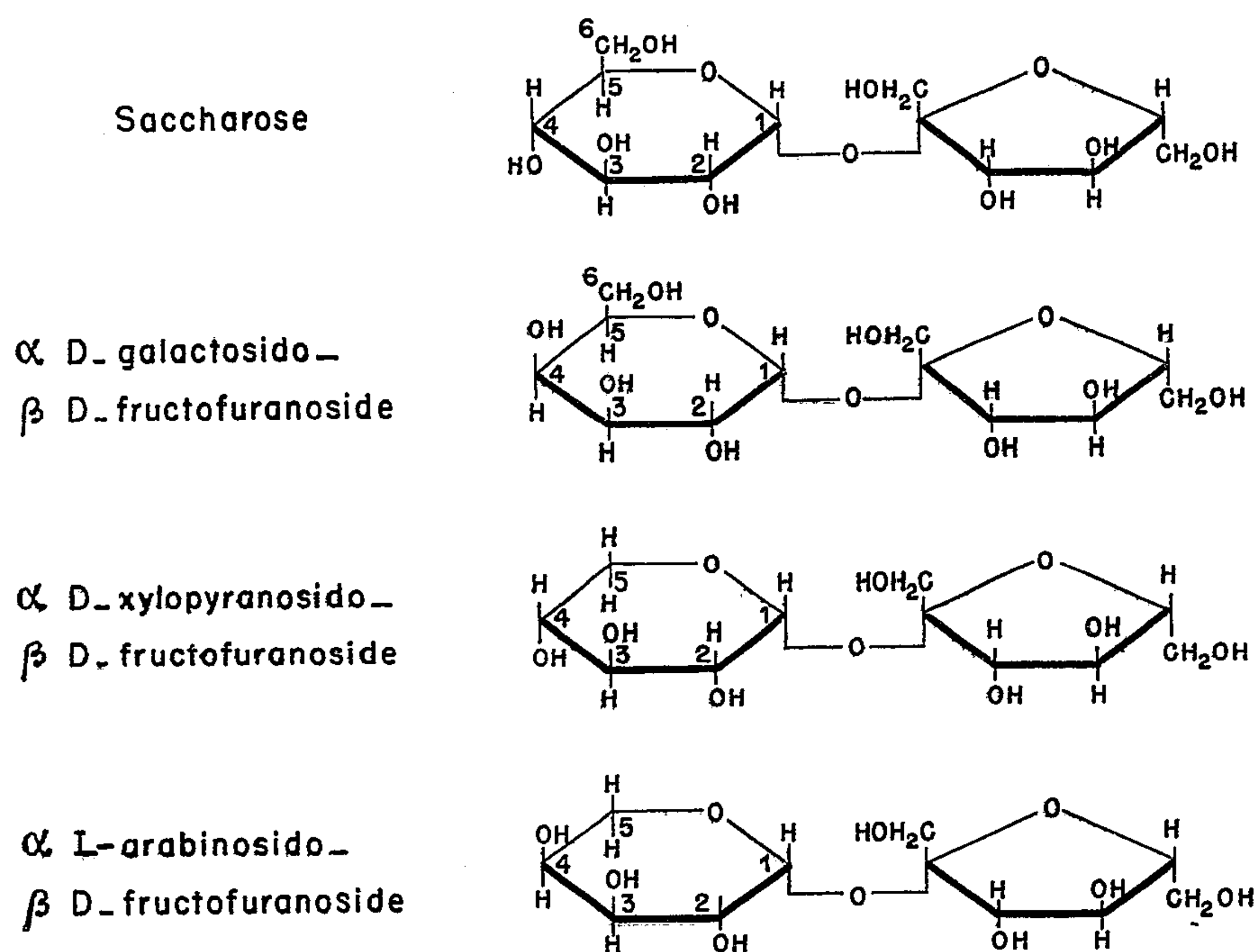
6° Dans le cas où cet aldose est le D-glucose, le produit est le saccharose ([1]).

En raison du rendement faible de la réaction :



$$\text{Lévane(fructose}_n) + \text{Aldose} \rightleftharpoons \text{Fructosyl-oside(} + \text{Lévane(fructose}_{n-1}).$$

nous n'avons pas encore isolé ces corps en quantité pondérable. Cependant les éléments d'identification précédents rendent très plausible une constitution analogue à celle du saccharose. Le reste glucosyl est alors remplacé par un reste aldosyl suivant les formules :



La structure β du fructofuranosyl résulte de la spécificité connue de

l'activité de l'invertase et de celle de la lévane-sucrase sur ce type de structure; la structure α de la liaison osidique de l'aldose peut être présumée par analogie avec la structure du saccharose synthétisé par le même enzyme purifié.

Il apparaît d'après le tableau et les formules ci-dessus que seuls, les aldoses dont l'hydroxyle 2 est en *cis*, et l'hydroxyle 3 en *trans* par rapport à la position α de l'hydroxyle 1, sont capables de réagir sous l'action de l'enzyme. L'hydroxyle en 4 favorise la réaction lorsqu'il est en *cis*, sans que cette position soit essentielle; la nature et la position des radicaux en 5 ou en 6 n'ont pas de rôle apparent.

Remarquons en outre que les aldoses actifs sont des inhibiteurs compétitifs de la lévane-sucrase (3); nous pouvons ainsi conclure que l'enzyme possède une spécificité pour la structure commune aux aldoses actifs, en plus de sa spécificité pour le β fructofuranosyl.

Il est intéressant de rapprocher ces résultats de ceux obtenus dans l'étude de la spécificité de la sucrose-phosphorylase de *Pseudomonas saccharophila* (4).

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *La bioestérification du glucose : VIII : mécanisme de la biosynthèse des esters β-glucosidiques chez les végétaux supérieurs.* Note de Mme **Daisy Tabone**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

La biosynthèse des esters β-glucosidiques chez les végétaux supérieurs (1) exige la présence d'un enzyme et d'un « facteur » thermostable. L'enzyme a été obtenu à partir des graines de lentilles ayant subi un début de germination et le « facteur » à partir de la levure de boulanger. On définit quelques-uns des caractères physicochimiques de l'enzyme et du « facteur ».

L'enzyme. — Des graines de lentilles qui ont subit un début de germination sont broyées en présànce de leur poids d'un tampon phosphate 7,7. La suspension ainsi obtenue est exprimée et le liquide d'expression précipité par addition de SO_4Am_2 jusqu'à saturation. La fraction insoluble est dialysée à la glacière pendant 24 h. On obtient une solution qu'on ajuste à pH 5. Il se forme alors un précipité qu'on élimine. Le liquide surnageant est neutralisé et utilisé tel quel. On le conserve à —10°.

Le « facteur » thermostable. — La levure de boulanger préalablement chauffée

(3) S. Hestrin et S. Avineri-Shapiro, *Biochem. J.*, 38, 1944, p. 2.

(4) W. Z. Hassid et M. M. Doudoroff, *Adv. Enzymol.*, 10, 1950, p. 123 et *Adv. Carbohydr. Chem.*, 5, 1950, p. 29.

(1) J. Tabone et D. Tabone, *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 36, 1954, p. 565.

à 36° est intimement malaxée avec du toluène. Le tout est maintenu à 36° pendant 40 mn, mis en suspension dans son volume d'alcool, puis porté à l'ébullition dans un bain-marie. On filtre. Le filtrat est ajusté à pH 3,5 avec de l'acide nitrique, puis additionné d'acétate mercurique. On filtre et l'on décompose le précipité par SH_2 à 2°. Le filtrat est privé de l'excès de SH_2, puis agité avec le dixième de son poids de Norit. Le charbon est élué avec de l'alcool à 50 % et l'éluat évaporé à 45°. Le résidu de l'évaporation est repris par de l'eau. La solution est conservée à la glacière.

La réaction. — Elle se fait dans des tubes dans lesquels on introduit successivement la solution du « facteur », l'acide anthranilique (0,5 °/₀₀), un tampon phosphate pH 7,2 (M/15) et un volume d'enzyme égal au volume de la solution du « facteur ». Les tubes sont maintenus 1 h à 37°. Pour déceler l'éventuelle formation de l'ester glucosidique de l'acide anthranilique, on sature avec SO_4Am_2 et l'on agite avec le tiers du volume d'alcool butylique ([1]). La phase butylique est soumise à l'électrophorèse. L'ester apparaît sous l'aspect d'une tache fluorescente, qui se déplace vers la cathode et se colore en violet quand on pratique la réaction de Marshall ([2]) sur le papier d'électrophorèse.

Les inhibiteurs de la réaction. — L'enzyme est inactivé après chauffage à 100° pendant quelques secondes. Le « facteur » est inactivé totalement par chauffage à 100° pendant 10 mn en milieu alcalin [NaOH(N/10)] et en milieu acide [HCl(N/10)]. Le fluorure de sodium et l'arséniate de soude sont sans effet sur la réaction, par contre celle-ci est inhibée par l'iodoacétate (M/10), par le dinitrophénol (M/400) et par le pyrophosphate de potassium (1 °/₀₀).

Discussion. — La technique que nous avons suivie pour la préparation du « facteur » nous autorise à penser que celui-ci pourrait bien être l'uridine diphosphate glucose ([3]). Sa facile décomposition par les acides et les bases et aussi l'inhibition de la réaction par le pyrophosphate confirme cette hypothèse. L'action inhibitrice de l'iodoacétate prouve que des groupements SH interviennent dans la réaction. Ceux-ci, s'ils n'appartiennent pas au « facteur », doivent être les groupements actifs de l'enzyme. L'action du dinitrophénol pourrait s'expliquer par une compétition entre ce composé et l'acide anthranilique. Cette hypothèse, si elle se révélait exacte, nous conduirait à penser que le mécanisme que nous étudions ici intéresse non seulement la biosynthèse des esters glucosidiques, mais encore celle des glucosides.

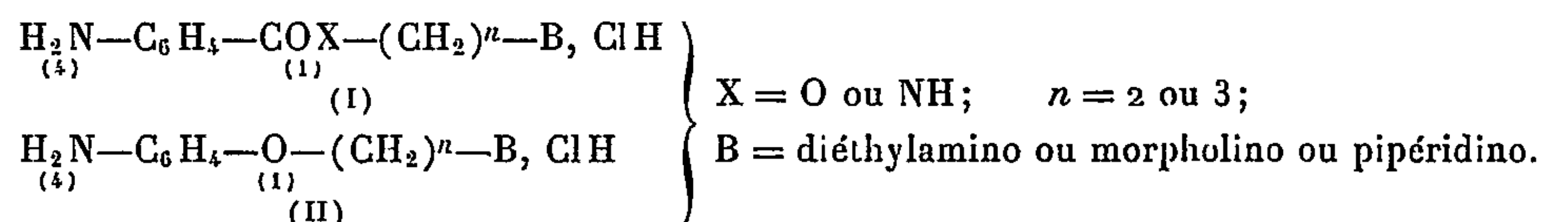
([2]) *J. Biol. Chem.*, 122, 1933, p. 263.

([3]) CAPPUTTO, LELOIR, CARDINI et PALADINI, *J. biol. Chem.*, 184, 1950, p. 333.

PHARMACOLOGIE. — *Constitution chimique et activité anesthésique locale.* Note de MM. **René Giudicelli, Pierre Chabrier** et **Henry Najer**, présentée par M. Marcel Delépine.

Les auteurs confirment, par deux nouvelles séries d'exemples, que, dans certaines séries chimiques, la présence simultanée, dans une même molécule, d'un groupement morpholino et d'un radical heptyle est favorable à une haute activité anesthésique locale de surface.

Dans de précédentes Notes ([1]), nous avons montré que la carbamoylation (transformation de la fonction NH_2 en groupement carbamique NHCOOR) des amines I et II, ou l'amidification (transformation de la fonction NH_2 en groupement amide NHCOR) des amines II



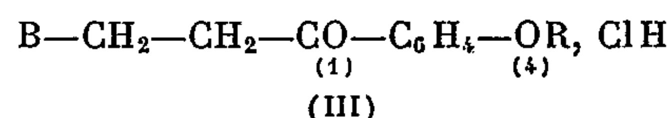
exalte l'activité anesthésique locale de surface dans le cas des amines I et en permet la manifestation dans celui des amines II. La nature du radical R détermine, dans chaque série, l'intensité de l'augmentation des effets qui passent, en général, par un maximum lorsque R est un radical aliphatique de 6, 7 ou 8 atomes de carbone.

En outre, la nature de l'amine tertiaire B joue un rôle important et parfois inattendu : ainsi les carbamates des amines II dans lesquels B = morpholino sont plus actifs et moins toxiques que les dérivés diéthylamino et pipéridino.

R et B exercent-ils dans d'autres séries une influence du même ordre?

Nos recherches ont porté :

1° sur les étheroxydes de formule générale (III) :



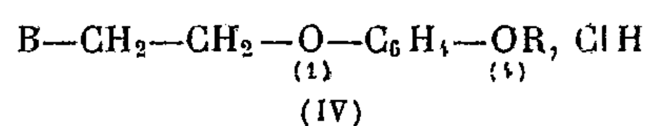
dont certains termes ont déjà été décrits par E. Profft ([2]).

Cet auteur ayant seulement préparé les composés dans lesquels B = pipéridino et R = alcoyle renfermant 1, 2, 3, 4, 5 et 12 atomes de carbone, nous avons complété son étude en choisissant la nature de B et de R en fonction de nos constatations antérieures.

([1]) *Comptes rendus*, 239, 1954, p. 1440; 240, 1955, p. 1586; 240, 1955, p. 2358 et 241, 1955, p. 229.

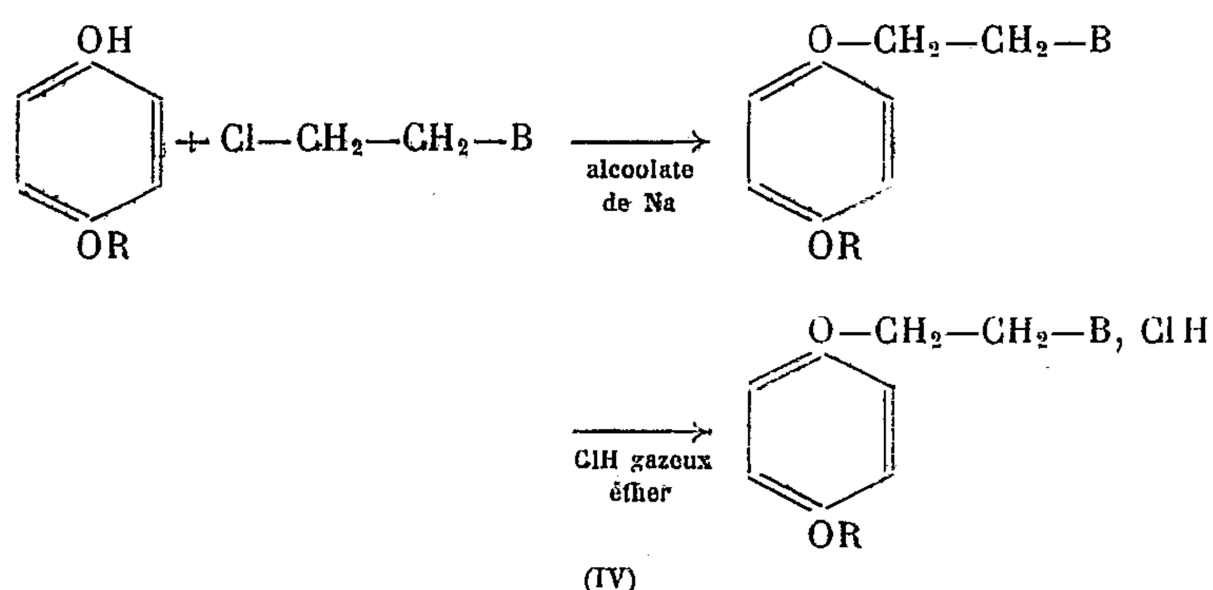
([2]) *Chemische Technik*, 3, n° 7, juillet 1951; 4, n° 6, juin 1952; 5, n° 1, janvier 1953.

2° Sur les étheroxydes de formule générale (IV) :



dont la structure se rapproche des précédents.

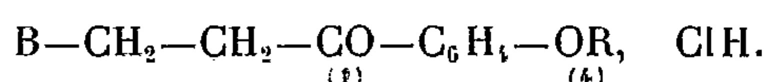
Ces derniers produits s'obtiennent à la suite des réactions schématisées ci-dessous :



La préparation des alcoxy-1 oxy-4 benzènes a été décrite par E. Klarmann et L. Gatyas [3].

Les tableaux I et II indiquent pour chaque série de corps préparés, le point de fusion instantanée pris au bloc Maquenne, la toxicité (DL 50 ou dose léthale 50 %), déterminée par voie intraveineuse, chez la Souris blanche, par la méthode de Kaërber et Behrens, l'activité anesthésique locale de surface mesurée par la méthode de Régnier [4] et exprimée comparativement à celle du chlorhydrate de cocaïne considérée comme égale à 1.

TABLEAU I.

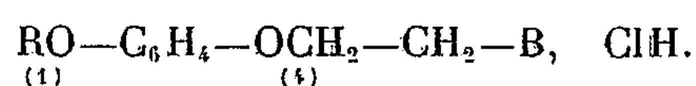


	B = morpholino.			B = pipéridino.		
R.	F (°C).	DL 50. (g/kg).	Activité.	F (°C).	DL 50. (g/kg).	Activité.
C_3H_7	196	0,035	1	172	0,015	8
C_6H_{13}	160	0,04	20-30	155	0,015	10
C_7H_{15}	160	0,035	20-30	151	0,015	20-30
C_8H_{17}	159	0,06	20-30	140	0,025	Irritant
$C_{10}H_{21}$	149	0,14	Irritant	142	0,015	Irritant

(3) U. S. Patent, 1.883.952.

(4) *Comptes rendus*, 177, 1923, p. 558 et *Thèse Doctorat Médecine*, Paris, 1929.

TABLEAU II.



$RO—C_6H_4—OCH_2—CH_2—B$, ClH.
(1) (4)

R.	B = morpholino. F (°C).	DL 50. (g/kg).	Activité.	B = pipéridino. F (°C).	DL 50. (g/kg).	Activité.
C_3H_7	198	0,16	0,5	178	0,03	0,3
C_4H_9	171	0,17	1	177	0,06	0,4
C_6H_{13}	186	0,135	4	167	0,07	2
C_7H_{15}	190	0,14	5,5	170	0,10	3
C_8H_{17}	188	0,17	3	164	0,107	Irritant

En conclusion, ces deux nouveaux exemples :

a. confirment la notion que nous avons précédemment dégagée : la réunion, dans une même molécule, d'un radical R à sept atomes de carbone, et de la morpholine, s'avère éminemment favorable à la manifestation de l'activité anesthésique locale de surface.

b. montrent que cette constatation, établie en premier lieu à propos de divers carbamates, reste valable dans certains cas où cette dernière fonction est remplacée par une fonction étheroxyde.

BIOCHIMIE MICROBIENNE. — *Sur le pouvoir tuberculostatique et le mécanisme d'action du 4-éthyl 4'-isoamyloxythiocarbanilide.* Note de MM. **Jean-Maurice Gazave, N. P. Buu-Hoï, Jacques Pillot** et **N. Dat Xuong** (1), présentée par M. Marcel Delépine.

L'activité tuberculostatique du 4-éthyl 4'-isoamyloxythiocarbanilide a été étudiée dans des conditions variées, et comparée à celles de l'isonicotinhydrazide et de la dihydrostreptomycine; contrairement à ce qu'on observe avec l'isonicotinhydrazide, l'hémine n'interfère pas avec l'activité de ce thiocarbanilide, ce qui indique des mécanismes de bactériostase au moins partiellement différents pour les deux produits.

On sait que le groupe des thiocarbanilides substitués compte un grand nombre de substances fortement tuberculostatiques (2), et récemment, nous avons signalé que le 4-éthyl 4'-isoamyloxythiocarbanilide (I) est particulièrement intéressant de ce point de vue (3).

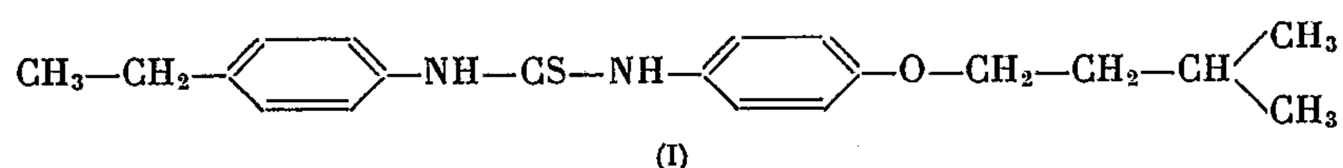
---

(1) Avec la collaboration technique de Mlles G. Dufraisse et L. Schembri.

(2) R. L. Mayer, P. C. Eisman et E. A. Konopka, *Proc. Soc. Exper. Biol. Med.*, 83, 1953, p. 769; C. F. Huebner *et al.*, *J. Amer. Chem. Soc.*, 75, 1953, p. 2274; N. P. Buu-Hoï et N. D. Xuong, *Comptes rendus*, 237, 1953, p. 498.

(3) N. P. Buu-Hoï, J. M. Gazave, N. D. Xuong, J. Pillot, L. Schembri et N. H. Nam, *Experientia*, 11, 1955, p. 97.

Nous présentons maintenant les principaux résultats d'une étude détaillée de l'activité inhibitrice de ce corps sur la croissance de *Mycobacterium tuberculosis* var. *hominis* (souche H 37 RVD et souche Brévannes), par comparaison avec l'activité de deux tuberculostatiques-types : l'isonicotinhydrazide et la dihydrostreptomycine. Les milieux de culture principalement utilisés sont ceux de Dubos (au tween 80) et de Youmans (au sérum de bœuf); les ensemencements ont été faits soit avec 0,1 mg (ensemencement fort), soit avec 0,01 mg (ensemencement faible) de bacilles pour 5 cm³ de milieu; les concentrations ont été réalisées selon la technique des dilutions successives, avec, comme solvant, l'eau pour l'isonicotinhydrazide et le sulfate de streptomycine, et le diéthylèneglycol ou la glycérine pour le composé (I). Les témoins, les composés de référence et le thiocarbanilide (I) ont été placés dans des conditions identiques, les solvants



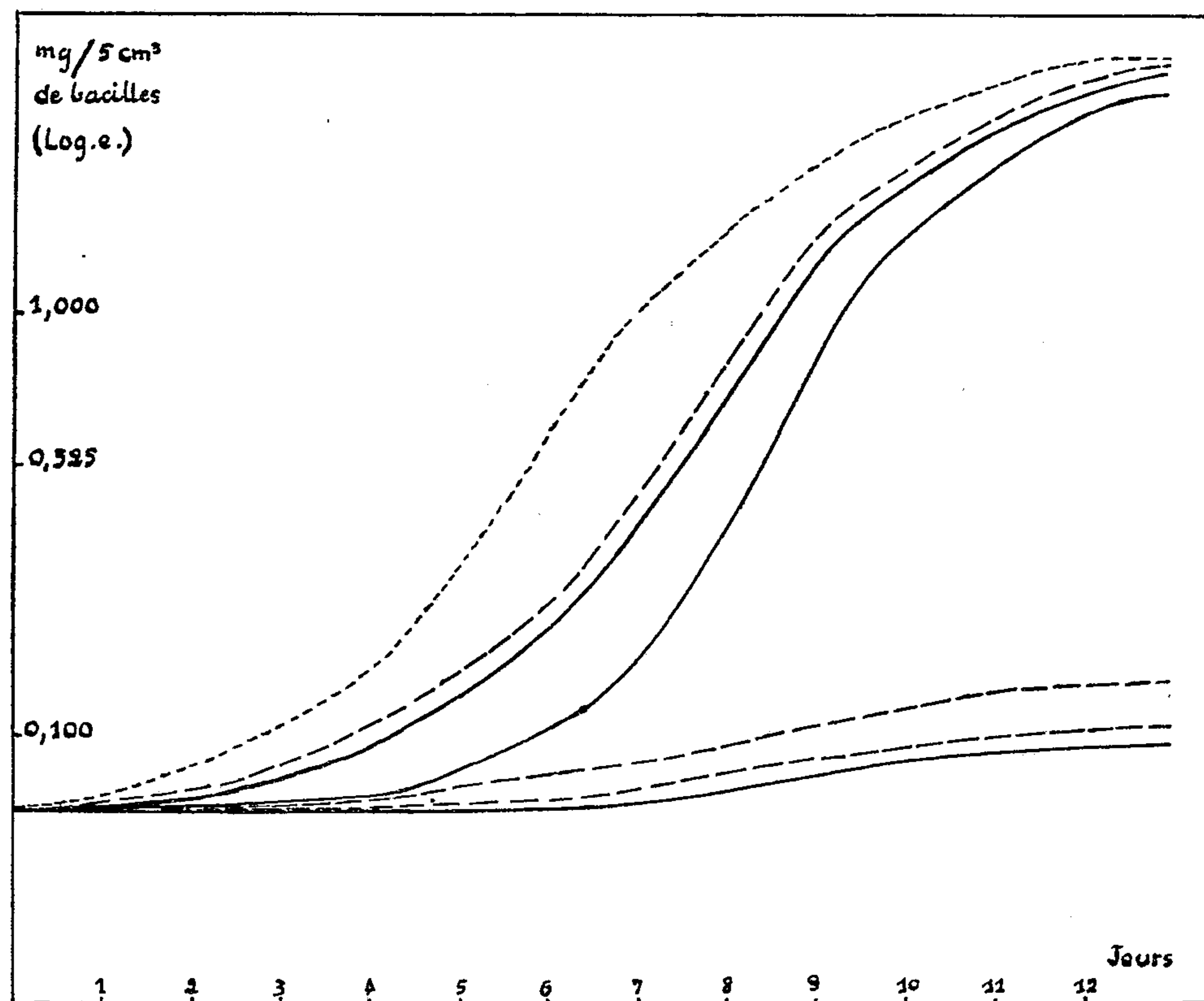
(I)

utilisés étant ajoutés dans chaque tube en quantités égales. Les mesures de la croissance bactérienne à 37° ont été faites par opacimétrie avec un électrophotomètre, et grâce à une technique photométrique donnant des courbes semi-logarithmiques de base *e*, traduisant la multiplication des germes en fonction du temps. Les résultats ont été d'une concordance parfaite dans les expériences réalisées soit avec une souche, soit avec l'autre, et que l'inoculum soit faible ou fort.

Ils montrent (la figure représente une série de courbes-types obtenues) qu'en milieu de Dubos, le composé (I) exerce une inhibition quasi totale à la concentration de 10^{-6} et une inhibition partielle à la concentration de 10^{-7}; à la concentration de 10^{-8}, la bactériostase est encore légèrement perceptible pendant plusieurs jours : l'activité tuberculostatique du composé (I) est ainsi supérieure à celle de la dihydrostreptomycine (concentration minimale inhibitrice : 2 µg/cm³ environ) et approche celle de l'isonicotinhydrazide. En milieu de Youmans, l'activité de (I) est plus faible (inhibition complète au 10ᵉ jour à la concentration de 2,5 µg/cm³); en milieu solide de Löwenstein, le composé (I), malgré son insolubilité dans l'eau, inhibe complètement la croissance bacillaire à la concentration de 10 µg/cm² de surface (ensemencement avec 0,05 mg de bacilles par boîte de Legroux).

Le mécanisme de la bactériostase par le composé (I) est-il le même que celui de l'isonicotinhydrazide, lequel semble être une inhibition du métabolisme des porphyrines? Afin de répondre à cette question, nous avons étudié l'action de l'hémine (100 µg/cm³) sur des cultures de la souche H 37 RV en milieu de Youmans, contenant soit de l'isonicotinhydrazide [dont l'activité est inhibée

par l'hémine ([4])], soit du composé (I). Nous avons constaté qu'à la différence de l'isonicotinhydrazide, l'activité du composé (I) n'est pas inhibée par l'hémine, ce qui indique des modes d'action différents pour ces deux tuberculo-



------- témoin
——— isoniazide (10^{-6}, 10^{-7}, 10^{-8})
———— composé étudié (10^{-6}, 10^{-7}, 10^{-8})

Milieu : Dubos
Souche : H37 R.V.D
Ensemencements : 0,01 mg bacilles humides

statiques. Cette opinion est renforcée par le fait qu'il est très long et ardu de provoquer des résistances bacillaires à (I), alors que l'isonicotinhydrazide fait rapidement apparaître des souches résistantes. Par contre, nous avons observé que l'activité de (I) est fortement inhibée par le chlorure manganeux (Cl_2Mn).

Signalons enfin que la toxicité du 4-éthyl 4'-isoamyloxythiocarbanilide est extrêmement faible, la L. $D._{50}$ déterminée chez la Souris (voie sous-cutanée, technique de Behrens et Karber) étant de 2,825 g/kg; de plus, des souris ayant reçu pendant 1 mois une dose journalière de 0,2 g/kg par voie sous-

([4]) M. W. Fisher, *Proc. Soc. Exper. Biol. Med.*, 85, 1954, p. 538; *Am. Rev. Tuberc.*, 69, 1954, p. 797; R. Knox, *J. gen. Microbiology*, 12, 1955, p. 191,

cutanée n'ont présenté aucune lésion organique ni de modification de la formule leucocytaire.

En résumé, le 4-éthyl 4'-isoamyloxythiocarbanilide est un tuberculostatique puissant, peu toxique, et agissant sur le bacille tuberculeux selon un mécanisme d'inhibition différent de celui de l'isonicotinhydrazide. Les résultats des études chez l'animal et chez l'Homme, faites sous la direction de M. Brouet, seront rapportés dans un autre Recueil.

IMMUNOCHIMIE. — *L'antigénicité des polypeptides synthétiques.* Note de MM. **Mark A. Stahmann**, **Henry Tsuyuki**, **Karl Weinke**, **Claude Lapresle** et **Pierre Grabar**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

L'antigénicité de polypeptides synthétiques a été démontrée par injection au Lapin de polypeptides synthétiques solubles préparés avec l'acide glutamique ou la lysine et d'albumines de lapin ou de bœuf couplées avec des polypeptides préparés avec la leucine, la phénylalanine, l'acide glutamique ou la lysine. Les immunsérums obtenus donnaient de plus des réactions croisées avec plusieurs protéines naturelles.

Poursuivant l'étude des propriétés biologiques des polypeptides synthétiques (1), (2), (3) et des polypeptidyl-protéines (4), (5) nous avons étudié l'activité antigénique de polypeptides synthétiques préparés avec la leucine, la phénylalanine, l'acide glutamique ou la lysine. Le Lapin ayant été choisi comme animal d'expérience, chacun de ces acides aminés a été couplé sous forme de polypeptides, à une protéine homologue, la sérumalbumine de lapin, et à une protéine hétérologue, la sérumalbumine de bœuf (4), (5), (6). De plus, des polypeptides synthétiques de la lysine (7) et de l'acide glutamique (8) ont été préparés.

Les immunsérums ont été préparés par injection à des séries de quatre lapins de ces substances adsorbées sur alumine et ont été étudiés individuellement par l'épreuve du disque (*ring test*) et, après mélange des sérums de chaque série, par la formation de zones de précipité spécifique par double diffusion en milieu gélifié (9) et par immunoélectrophorèse des antigènes et des immunsérums (10).

---

(1) M. A. Stahmann, L. H. Graf, E. L. Patterson, J. C. Walker et D. W. Watson, *J. Biol. Chem.*, 189, 1951, p. 45.

(2) M. Green et M. A. Stahmann, *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.*, 83, 1953, p. 852.

(3) R. V. Rice, M. A. Stahmann et R. A. Alberty, *J. Biol. Chem.*, 209, 1954, p. 105.

(4) R. R. Becker et M. A. Stahmann, *J. Biol. Chem.*, 204, 1953, p. 745.

(5) T. Makinodan, R. R. Becker, H. R. Wolfe et M. A. Stahmann, *J. Immunol.*, 73, 1954, p. 159.

(6) M. Green et M. A. Stahmann, *J. Biol. Chem.*, 231, 1955, p. 259.

(7) R. R. Becker et M. A. Stahmann, *J. Amer. Chem. Soc.*, 74, 1952, p. 38.

(8) M. Green et M. A. Stahmann, *J. Biol. Chem.*, 197, 1952, p. 771.

(9) O. Ouchterlony, *Arkiv. Kemi, Mineral. geol.*, B 26, I, 1949.

(10) P. Grabar et C. A. Williams, *Biochim. Biophys. Acta*, 17, 1955, p. 67.

L'étude immunoélectrophorétique a fournit un arc unique avec ces diverses substances traduisant leur haut degré d'homogénéité. Par absorption spécifique l'existence de trois types d'anticorps a été démontrée dans les immunsérums préparés avec l'albumine de bœuf couplée aux polypeptides : les uns dont la spécificité correspond à l'albumine de bœuf, les autres aux polypeptides, les derniers à une portion à la fois de l'albumine de bœuf et du polypeptide. Des immunsérums précipitants ont été aussi obtenus avec l'albumine de lapin couplée aux polypeptides. Dans ce cas l'existence de deux types d'anticorps seulement a pu être démontrée : les uns dont la spécificité correspond au polypeptide, les autres à une portion de l'albumine de lapin et du polypeptide. Des réactions croisées avec l'albumine de bœuf ont été fréquemment observées avec les immunsérums préparés avec l'albumine de lapin couplée aux polypeptides.

Les immunsérums préparés avec les polypeptides synthétiques ne précipitaient pas avec les polypeptides synthétiques libres, mais précipitaient avec l'albumine de bœuf couplée avec le polypeptide correspondant. Ils donnaient aussi des réactions croisées avec la sérumalbumine de bœuf, la sérumalbumine humaine, la sérumalbumine de cheval, l'ovalbumine, la γ-globuline humaine et la γ-globuline de bœuf. Des réactions croisées semblables ont été observées avec les immunsérums préparés avec les protéines couplées avec le polypeptide de l'acide glutamique. Les immunsérums préparés avec le polypeptide synthétique de la lysine précipitaient faiblement avec l'albumine de bœuf couplée avec le polypeptide de la lysine et avec l'albumine de bœuf.

D'après la densité et la position des lignes de précipitation en milieu gélifié il semble que le polypeptide le plus antigénique soit celui préparé avec la leucine, suivi par celui préparé avec la phénylalanine et, à un moindre degré, par celui préparé avec l'acide glutamique. Le polypeptide préparé avec la lysine fut considérablement moins actif.

En aucun cas la précipitation spécifique n'a pu être inhibée par les polypeptides synthétiques ou les acides aminés simples.

Ces résultats montrent qu'il est maintenant possible d'étudier avec des polypeptides synthétiques de structure chimique connue les caractéristiques structurales responsables de l'antigénicité et entrant en jeu dans les réactions antigène-anticorps et permet de prévoir théoriquement la possibilité de préparer des vaccins synthétiques.

A 15 h 55 m l'Académie se forme en Comité secret.

COMITÉ SECRET.

M. le **Président**, au nom de la Commission chargée de dresser la liste des candidats à la place de Membre non résidant, vacante par le décès de M. *Pierre Teilhard de Chardin*, présente la liste suivante :

En première ligne................	M. **Albert Vandel**, à Toulouse.
En deuxième ligne ex-æquo, *et par ordre alphabétique*..............	MM. **Jean Andrieux**, à Grenoble. **Louis Gallavardin**, à Lyon. **René de Mallemann**, à Nancy. **Léon Moret**, à Grenoble.

Les titres de ces candidats sont discutés.

L'élection aura lieu en la prochaine séance.

La séance est levée à 16 h 20 m.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

OUVRAGES REÇUS PENDANT LES SÉANCES D'OCTOBRE 1955

(*suite et fin*).

Economie forestière nord-africaine. T. I. *Milieu physique et milieu humain*, 1948. T. II. *Monographies et traitements des essences forestières*. Fasc. 1 et 2, 1950. T. III. *Description forestière du Maroc*. Rabat, Éditions F. Mouchó 1951. T. IV. *Description forestière de l'Algérie et de la Tunisie*, 1955. Paris, Larose; 5 vol. 25,5 cm.

Die Zeichnungen und Tafeln (1784-1831) *zu Gœthes Abhandlung über den Zwischenknochen und die Textredaktion der Nova Acta* 1831, von HERMANN BRÄUNING-OKTAVIO, in *Gœthe neue Folge des Jahrbuchs der Gœthe-Gesellschaft*. Weimar, 1954; 1 fasc. 24 cm.

Proceedings of the eighth Pacific science congress. Philippines, 1953. Vol. I. Published by the NATIONAL RESEARCH COUNCIL OF THE PHILIPPINES. Quezon City, 1955; 1 vol. 25 cm.

Les ions en solution. I. *Équilibres électrochimiques*. II. *Cinétique électrochimique*, par RENÉ AUDUBERT. Paris, Presses universitaires de France, 1955; 2 vol. 19 cm (présenté par M. G. Chaudron).

Publications scientifiques et techniques du Ministère de l'Air. *Sensitométrie photographique*, par MAURICE ROULLEAU. Préface de ARMAND DE GRAMONT. Paris, Service de documentation et d'information technique de l'aéronautique, 1955; 1 vol. 27 cm (présenté par M. A. de Gramont).

Université de Paris. Faculté des sciences. *École nationale supérieure de chimie. Programme des études*; 1 fasc. 21,5 cm (présenté par M. G. Chaudron).

Colloque de la Section de chimie inorganique de l'Union internationale de chimie pure et appliquée. Münster (Westphalie), 2-6 septembre 1954. Texte des Communications et Discussions, Weinheim, Verlag Chemie, s. d.; 1 vol 24 cm (présenté par M. G. Chaudron).

Astronomie populaire, par CAMILLE FLAMMARION. Édition entièrement refaite sous la direction de GABRIELLE CAMILLE FLAMMARION et de ANDRÉ DANJON, avec la collaboration d'un groupe d'astronomes. Paris, Flammarion, 1955; 1 vol. 29 cm.

Travaux sur le tétanos en milieu rural, réunis à l'occasion du V[e] Congrès de médecine rurale, à Reims, le 12 juin 1955, par le docteur G. CUVIER. Paris, Union des caisses centrales de la mutualité agricole, s. d.; 1 fasc. polycopié 27 cm.

Un certain Monsieur Dupont.... Paris. SEPPIC, s. d.; 1 fasc. 21 cm.

Du Pont. The autobiography of an American enterprise. The story of E. J. Du Pont de Nemours and Company published in commemoration of the 150[th] Anniversary of the founding of the Company on July 19, 1802. Wilmington, Delaware, E. I. Du Pont de Nemours and C[y], 1952; 1 vol. 31 cm.

Hydroélectricité et protection de la nature. Une confrontation, par Lord HURCOMB, in *Pro Natura*. Vol. II. Bruxelles, Union internationale pour la protection de la nature. Paris, Société d'édition d'enseignement supérieur, 1955; 1 vol. 24 cm, en langues française et anglaise (présenté par M. R. Heim).

Elementos de atomistica, por G. E. VILLAR. Cuarta edicion Montevideo, Impresora Uruguaya. 1953; 1 vol. 24 cm.

Recherches sur les maladies des végétaux, par A. IA KOKIN. Petrosavodsk, Éditions d'État de la République socialiste soviétique Carelo-finlandaise, 1948; 1 vol. 26 cm (en langue russe).

Université de Paris. Les Conférences du Palais de la Découverte. Série A. N° 12. *L'activité scientifique de la Faculté des Sciences de Poitiers spécialement dans les sciences de la nature*, par ÉTIENNE PATTE; 1 fasc. 18 cm.

Protégez aujourd'hui le monde de demain. Publié par l'UNION INTERNATIONALE POUR LA PROTECTION DE LA NATURE. Bruxelles, 1955; 1 fasc. 24 cm.

Une enquête de trente cinq ans sur la génération 1900-1935, par EUGÈNE BATAILLON, in *Copie et Méthode*. Préface et Glossaire de JEAN ROSTAND. Paris, S. E. D. E. S., 1955; 1 vol. 19 cm.

Précis de géologie, par LÉON MORET. Paris, Masson, 1955; 1 vol. 22 cm.

Extrait des *Actes du Congrès de Luxembourg*. 72e session de l'Association française pour l'avancement des sciences (juillet 1953). *Les asymétries de la face, le syndrome d'allongement d'une hémiface*, par PIERRE A.-G. VASSAL, Paris, s. d.; 1 fasc. 24 cm.



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 28 NOVEMBRE 1955.

PRÉSIDENCE DE M. LOUIS FAGE.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. **Roger Heim** signale à l'Académie la présence de M. **Padel Jakovlev**, Directeur de la Pépinière Mitchourine, à Mitchourinsk, et de M. **Ivan Glouchtenko**, Directeur du Laboratoire de l'Institut de génétique de l'Académie des sciences de l'U. R. S. S. à Moscou, qui forment la délégation chargée de représenter l'Académie des sciences de l'Union des Républiques Socialistes Soviétiques aux manifestations qui marquent actuellement, en France et en Belgique, la célébration du Centenaire de la naissance de **Mitchourine**. A cette occasion, M. **Roger Heim** exprime l'intérêt que ses Confrères et lui-même, récemment invités en U. R. S. S. par l'Académie des sciences de ce pays, ont porté aux remarquables efforts entrepris par celui-ci dans le domaine de l'Agronomie et de la Botanique appliquée. M. le **Président** souhaite la bienvenue à MM. **Padel Jakovlev** et **Ivan Glouchtenko** et les invite à prendre part à la séance.

ASTRONOMIE. — *Le météore du 17 novembre 1955.* Note de M. **André Danjon**.

Pour couper court à certains commentaires, on donne ici les premiers résultats d'une étude, qui sera poursuivie et complétée à loisir, du météore exceptionnellement brillant du 17 novembre dernier. On démontre qu'il ne s'agit ni d'un satellite artificiel ni d'un engin autopropulsé.

Le météore apparu le 17 novembre à 17 h 30 m, temps légal (16 h 30 m T. U.) a eu de très nombreux témoins. Je l'ai observé dans d'excellentes conditions à l'Observatoire de Paris, d'où j'ai pu noter l'azimut et la hauteur du point d'extinction. Un premier examen des

milliers de lettres parvenues à l'Observatoire permet de donner dès maintenant quelques précisions sur la météorite. Elle est passée au-dessus de la région Rochefort-La Rochelle, à l'altitude de 130 km, en suivant une trajectoire faiblement incurvée. Le météore répandait une vive lumière verte, due sans doute aux raies *b* du magnésium très intenses : vu de Paris, son éclat a atteint par instants celui d'un phare d'automobile vu à 500 m. Les particules arrachées à la météorite formaient une traînée rougeâtre; une longue traînée vaporeuse dessinait la trajectoire. Parvenu à l'altitude de 35 à 40 km, au-dessus d'un point qu'on peut situer entre Joigny et Auxerre, à 12 km au sud de Joigny, le météore s'est éteint, la météorite étant complètement désintégrée par évaporation.

Mon observation a porté sur un arc de trajectoire d'environ 185 km de longueur, et j'ai estimé sa durée à 6 s, soit une vitesse de 31 km/s par rapport à la Terre. C'est 95 fois la vitesse du son, et 4 fois celle d'un satellite artificiel. Il s'agit donc indubitablement d'un phénomène naturel, et non d'un engin. En composant cette vitesse relative avec la vitesse de la Terre par rapport au Soleil, on trouve pour la vitesse spatiale une valeur très proche de la vitesse parabolique, laquelle est de 42 km/s. Il s'agit donc bien d'une météorite. L'onde de Mach a été nettement perçue à grande distance.

L'éclat du météore a subi un renforcement considérable, que tous les observateurs ont noté, lors de son passage à travers la couche chaude de notre atmosphère, entre les altitudes de 60 km et de 45 km, valeurs qui seront précisées ultérieurement.

Quant à la traînée persistante, filiforme, laissée par le passage de la météorite sur une grande partie de son trajet, elle n'a pas tardé à se diffuser et à se déformer, en dessinant des volutes hélicoïdales. En outre, elle se déplaçait rapidement vers l'Est, avec une vitesse que mes observations permettent d'évaluer à 120 km/h. Cette dernière circonstance rend délicate l'utilisation des témoignages, quand le témoin ne dit pas clairement s'il a vu le météore ou seulement sa traînée. J'ai cessé de voir les dernières traces de celle-ci 13 m environ après l'apparition du météore.

L'inclinaison de la trajectoire était faible : environ 18°. C'est à cette circonstance remarquable qu'est dû l'éclat inaccoutumé du météore, la météorite ayant traversé l'atmosphère à l'état incandescent sur environ 350 km, en s'évaporant complètement sans rencontrer le sol. Il est fort possible que sa masse ait dépassé notablement la valeur attribuée aux météorites qui n'atteignent pas le sol, et qu'elle ait été, avant son entrée dans l'air, de l'ordre de 1 kg.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la force des acides.*
Note de M. **Eugène Darmois**.

Je me suis occupé pendant un certain nombre d'années des complexes formés par l'acide molybdique et les corps organiques possédant dans leur molécule 2OH voisins, comme l'acide malique $COOH.CHOH.CH_2.COOH$. Parmi ces complexes, ceux qui renferment dans la molécule $4MoO_3$ sont particulièrement intéressants; ils sont bien cristallisés; j'ai décrit leurs propriétés dans des publications antérieures, en particulier dans le *Bulletin de la Société Chimique* (1). J'ai signalé à l'époque qu'ils possédaient un pH de stabilité maximum, que leur pouvoir rotatoire dépendait du pH de la solution et qu'en ajoutant à leur solution aqueuse une quantité déterminée de différents acides, on pouvait, par une mesure de pouvoir rotatoire, classer ces acides par force croissante.

Les expériences ont été faites avec le complexe d'ammonium auquel j'ai donné la formule $[4MoO_3, 2C_4H_4O_5](NH_4)_4.5H_2O$. Un gramme du produit est mis avec une certaine quantité d'un acide dans 50 cm^3; on mesure la rotation pour la raie verte du mercure sous 2 dm.

Pour réduire la rotation aux 96/100 de la rotation du complexe pur, il faut ajouter 44/1000 $CH_3.CO_2H$, 1/1000 $CH_2Cl.CO_2H$, 0,45/1000 $CHCl_2.CO_2H$, 0,30/1000 $CCl_3.CO_2H$ et 0,25/1000 HCl.

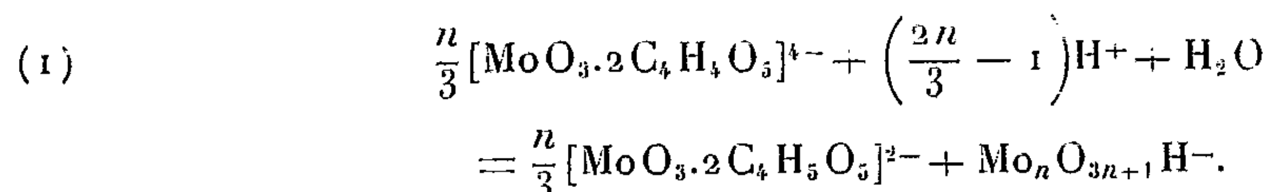
J'ai proposé à l'époque (*loc. cit.*) une explication de cet abaissement du pouvoir rotatoire. Je désirerais revenir sur cette explication.

En solution aqueuse, ces complexes renferment l'ion $[4MoO_3.2C_4H_4O_5]^{4-}$ qui se trouve avoir, dans ces conditions, un fort pouvoir rotatoire droit; le pH de la solution est 3,5 environ, soit un pH nettement acide. Or, dans les idées de J. N. Brönsted (2) et de T. M. Lowry (3), l'ion en question est une base qui peut fixer les ions H^+. On constate effectivement que la solution du complexe pur peut saponifier les esters avec une vitesse qui est nettement celle d'un catalyseur basique.

Que se forme-t-il dans la décomposition de l'ion précédent par les acides? Il se trouve que MoO_3 donne avec l'acide malique une autre série de complexes, cette fois lévogyres et qui renferment l'ion $[MoO_3.2C_4H_5O_5]^{2-}$. J'avais supposé autrefois que la décomposition donnait ce deuxième ion; l'addition de H^+ donnait l'acide tétramolybdodimalique, lequel était en équilibre avec l'acide monomolybdodimalique. Nécessairement les $3MoO_3$ disparus doivent donner des molybdates plus ou moins acides.

(1) E. Darmois, *Bull. Soc. Chim.*, 39, 1926, p. 621 et 723.
(2) *Rec. Trav. Chim.*, Pays-Bas, 42, 1923, p. 718.
(3) *J. Chem. Soc.*, 123, 1923, p. 822.

Depuis 1926, l'étude des molybdomalates d'une part ([4]), des molybdates d'autre part ([5]), a fait quelques progrès. Il semble que, en solutions acides, les molybdates présents sont assez condensés, dérivant de l'acide $n\mathrm{MoO_3 . H_2O}$. L'explication proposée pour la décomposition de l'ion complexe tétramolybdique pourrait se formuler ainsi



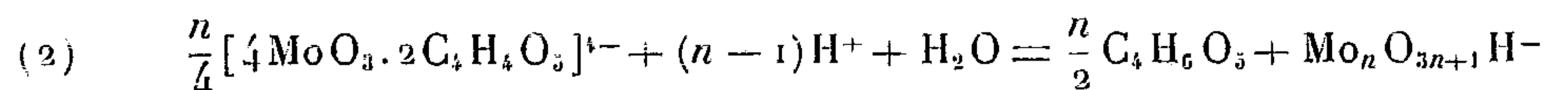
$$(1)\qquad \frac{n}{3}[\mathrm{MoO_3.2C_4H_4O_5}]^{4-} + \left(\frac{2n}{3} - 1\right)\mathrm{H^+} + \mathrm{H_2O} = \frac{n}{3}[\mathrm{MoO_3.2C_4H_5O_5}]^{2-} + \mathrm{Mo}_n\mathrm{O}_{3n+1}\mathrm{H}^-.$$

Suivant cette formule, pour décomposer entièrement une molécule tétramolybdique complexe, il faudrait $N = [(2n/3) - 1]/(n/3) = (2n - 3)/n$ ions H^+. Pour un molybdate très condensé, $n \to \infty$, $N \to 2$. Généralement on trouve dans ces solutions acides le paramolybdate $7\mathrm{MoO_3}$; pour $n = 7$, $N = 1{,}57$.

J'ai montré ([1]), dans le cas de l'acide monochloracétique, que l'abaissement de pouvoir rotatoire était proportionnel à la concentration en ion H^+ ajoutée.

Pour 1 g de complexe dans 50 cm³ et une addition de $x/1000\ H^+$, on avait $\Delta\alpha/x = 2{,}5$ environ. A la concentration employée, la rotation du 2ᵉ ion est sensiblement nulle; dans ces conditions la rotation $\alpha_{5}^{2\,dm} = 9{,}69$ du sel pur disparaît totalement. On a donc $\Delta\alpha = 9{,}69$, d'où $x = 9{,}69/2{,}5$. Or 1 g de complexe correspond à peu près à 1/1000 mole. Il faudra donc $3{,}8/1000\ H^+ = 3{,}87$ pour 1/1000 complexe, soit 3,8 H^+ pour 1 mole de complexe. Ce n'est pas du tout le cas pour l'équation (1).

Il est donc probable que l'ion complexe tétramolybdique est démoli sans qu'on passe par l'intermédiaire du complexe mono. Nous supposerons qu'il y a formation d'acide malique suivant l'équation



$$(2)\qquad \frac{n}{4}[4\mathrm{MoO_3.2C_4H_4O_5}]^{4-} + (n-1)\mathrm{H^+} + \mathrm{H_2O} = \frac{n}{2}\mathrm{C_4H_6O_5} + \mathrm{Mo}_n\mathrm{O}_{3n+1}\mathrm{H}^-$$

De nouveau la rotation de l'acide malique peut être considérée comme pratiquement négligeable. Le rapport N est cette fois $N = [4(n - 1)/n]$. Pour $n = 7$, il sera $24/7 = 3{,}4$. Ce résultat est beaucoup plus voisin du résultat expérimental. Il est donc vraisemblable que (2) représente mieux les faits que (1). Le pH de la solution additionnée d'acide n'est d'ailleurs pas celui qu'on obtiendrait avec la même quantité d'acide dans l'eau pure. Il faudrait ajouter à (2) l'équation de dissociation de l'acide, à savoir



$$(3)\qquad \mathrm{AH} \rightleftharpoons \mathrm{A^-} + \mathrm{H^+}.$$

De (3), on déduit

$$(4)\qquad \frac{[\mathrm{A^-}][\mathrm{H^+}]}{[\mathrm{AH}]} = K_a$$

([4]) P. Souchay, *Bull. Soc. Chim.*, 15, 1948, p. 143.
([5]) J. Byé, *Thèse*, Paris, 1945 (*Ann. Ch.*).

où les quantités entre parenthèses sont les activités des diverses espèces moléculaires.

Le procédé de classement précédent semble en défaut lorsqu'il s'agit des acides forts pour lesquels la dissociation serait totale d'après les idées courantes. J'ai montré ([6]) que le procédé s'appliquait à la comparaison des acides HCl, ClO_4H et $C_6H_5.SO_3H$. Dans cette publication, les additions d'acide ont été faites, non seulement au composé molybdomalique, mais à l'émétique d'ammonium qui jouit de propriétés semblables.

Les courbes des $\alpha_v = f(x)$ ont été construites dans les deux cas pour les trois acides. Celles pour HCl et ClO_4H se superposent pratiquement; celle pour $C_6H_5.SO_3H$ est nettement au-dessus, prouvant que l'acide benzène sulfonique est moins fort que l'acide perchlorique. Il est difficile d'évaluer les constantes de dissociation de ces acides forts; comme pratiquement les concentrations des diverses espèces moléculaires sont les mêmes pour une même rotation, la méthode peut être considérée comme donnant le rapport des constantes de dissociation. Par exemple, pour des additions avoisinant $5/1000\,H^+$ dans 50 cm³, le rapport des additions pour $C_6H_5.SO_3H$ et ClO_4H est $4,4/5 = 0,88$. Ce nombre serait le rapport des constantes d'ionisation des deux acides.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur quelques problèmes fonctionnels non linéaires.*

Note de M. **Georges Bouligand**.

1. Soit Γ un groupement de problèmes pour chacun desquels l'élément inconnu est une fonction numérique. Un cas d'espèce extrait de Γ sera dit TF ou de *type fini* si sa résolution revient à la recherche d'un point $(\xi_1, \ldots, \xi_n)$ d'un R^n. Cela peut avoir lieu pour tout cas d'espèce d'un Γ, par exemple si Γ consiste à résoudre en u l'équation

$$u(x) - A(x) = \int_0^1 \varphi_i[u(y)]\, X^i(x)\, dy$$

où le second membre a n termes. Voici par contre un Γ intéressant à plusieurs titres et où les cas TF ne sont qu'une partie de l'ensemble des cas.

2. Dans le plan euclidien, on pose ce problème (P) : *trouver* $U(x, y)$ *harmonique dans le domaine* $D\,(x^2 + y^2 < 1)$, *connaissant en chaque point du bord* C *les valeurs de* $\overline{\text{grad}^2}\,U$. En les laissant arbitraires, on a le groupement (ΓP).

V étant une conjuguée de U, la fonction $f(z) = U + iV$ doit être holomorphe dans D. On cherche d'abord $f'(z)$ connaissant, par $\overline{\text{grad}^2}\,U$, le carré de son module sur $C(x^2 + y^2 = 1)$: d'où un vecteur W dont les deux compo-

([6]) E. Darmois et Yeu-Ki-Heng, *Comptes rendus*, 199, 1934, p. 1123.

santes U, V, chacune affectée du facteur ε et comportant une constante additive seront solutions. Soit $\varphi(z)$ holomorphe dans D avec $\varphi(0) \neq 0$ et $|\varphi|_C^2 = \overline{\text{grad}^2} U$. On obtient certaines solutions Φ, Φ_1, ..., Φ_n, ... du problème concernant $f(z)$ en égalant $f'(z)$ à un terme de la suite $\{z^n \varphi(z)\}$ avec n entier $\geqq 0$. D'où pour (P), suite de vecteurs solutions W_n, chacun pouvant subir dans le plan z, une rotation β, les solutions afférentes $U_n \cos\beta - V_n \sin\beta$, $U_n \sin\beta + V_n \cos\beta$ ayant leur gradient $\neq 0$ sauf peut-être en O. Ces W_n se déduisent de W livré par $f' = \varphi$. Une telle f', holomorphe et $\neq 0$ sur D, soumise sur C à la condition $|f'| = \overline{\text{grad}^2} U = e^{g(\alpha)}$, sera

$$f'(z) = e^{h(z)} \qquad \text{avec} \quad h(z) = i\beta + \frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} g(\theta)\frac{1 + z e^{-i\theta}}{1 - z e^{-i\theta}} d\theta.$$

Par recours à $f(z)$, tant par les solutions ci-dessus que les plus générales (à obtenir), (P) fait donc figure de problème non linéaire doué d'un *résolvant linéaire* (calcul de h, holomorphe dans D, d'après sa partie réelle sur C). Reste à parfaire l'ensemble des solutions de (P).

3. Dans le sous-ensemble obtenu, le facteur z^n de $z^n\varphi$ avait rôle de fonction holomorphe sur D, de module 1 sur C. Prenons sur D des points a_k. Le rôle des z^n pourra se répéter pour des facteurs $[(z - a_k):(z - 1/\bar{a})]^{m_k}$. D'où nouvelles solutions de (P) dont le gradient s'annule en chaque a_k pris comme zéro d'ordre m_k de $f'(z)$. L'ensemble A des a_k et de O est formé de points isolés; si $\overline{\text{grad}}^2$ U dépasse sur C une valeur fixe positive, A est fini; de $e^h(z)$ on déduit alors la solution générale de (P) d'un nombre fini de tels facteurs. Des zéros sur C de $\overline{\text{grad}}^2$ U pourraient en introduire une infinité. Noter que (P) répond à la recherche d'un minimum pour l'intégrale de Dirichlet $I_0(U)$ en se fixant sur C les valeurs de $\overline{\text{grad}}^2$ U, et qu'une solution ne peut se séparer avant que soit donné l'ensemble des zéros de ce gradient, affecté chacun d'un ordre de multiplicité relatif à f'. Ce qui joue dès lors, c'est le domaine D — A avec donnée modalisée, par fixation de cet ordre, aux points de A. Enfin, *la représentation conforme résout* (P) *étendu à des aires simplement connexes*.

4. Le groupement (ΓP), entre autres cas TF, contient ceux où les valeurs sur C de $\overline{\text{grad}}^2$ U s'expriment par une combinaison linéaire partout positive des fonctions

$$1, \quad \cos\theta, \quad \sin\theta, \quad \ldots, \quad \cos(n-1), \quad \sin(n-1)\theta$$

Un calcul direct donne alors des vecteurs solutions, livrant des couples de polynomes harmoniques conjugués des degrés n, $n+1$, $n+2$, ... [1], dans

---

[1] Par exemple, en égalant $\overline{\text{grad}^2}$U à 1 sur le bord, on obtient les solutions homogènes

$$n^{-1} r^n \cos n(\theta - \beta).$$

Pour la sphère, convient seul alors $n = 1$.

les conditions de généralité prévues au n° 2. Mais cela ne convient qu'aux solutions avec gradient $\neq 0$ sauf peut-être en O. Jamais on n'atteint ainsi la totalité des solutions, ce qui restreint l'efficacité d'un essai fait pour approcher par les TF les solutions de (P) : elles subissent ici un filtrage. Par automorphisme conforme de D, on aurait d'autres cas TF d'une forme analytique modifiée avec gradient ne s'annulant qu'en un a_k, ce qui donne lieu à la même remarque.

5. En passant à R^3, cas de la sphère, les propriétés concernant les cas TF de (ΓP) deviennent fort différentes : cela va de pair avec la difficulté que comporte pour R^3, l'étude synthétique de l'ensemble sur lequel s'annule le gradient d'une fonction harmonique. En restant dans R^2, on peut aborder la recherche pour des groupements (ΓΠ) plus larges que (ΓP) en supplantant par exemple l'équation de Laplace par $\Delta_2 U = m^2 U$ et cherchant l'influence du paramètre m, la donnée de $\overline{\text{grad}}^2 U$ sur C restant imposée. En la prenant constante, il apparaît pour $m \neq 0$ une solution fonction de la distance à O qui cesse d'exister pour $m = 0$. Les données proposées au début du n° 4, livrant des cas TF pour $m = 0$, perdent cette propriété pour $m \neq 0$. Une question digne d'intérêt consisterait à chercher si une solution quelconque de (ΓP) est la limite pour m infiniment petit d'une solution convenant au problème de $(\Gamma\Pi)_m$ avec mêmes valeurs de $\overline{\text{grad}}^2 U$ sur C.

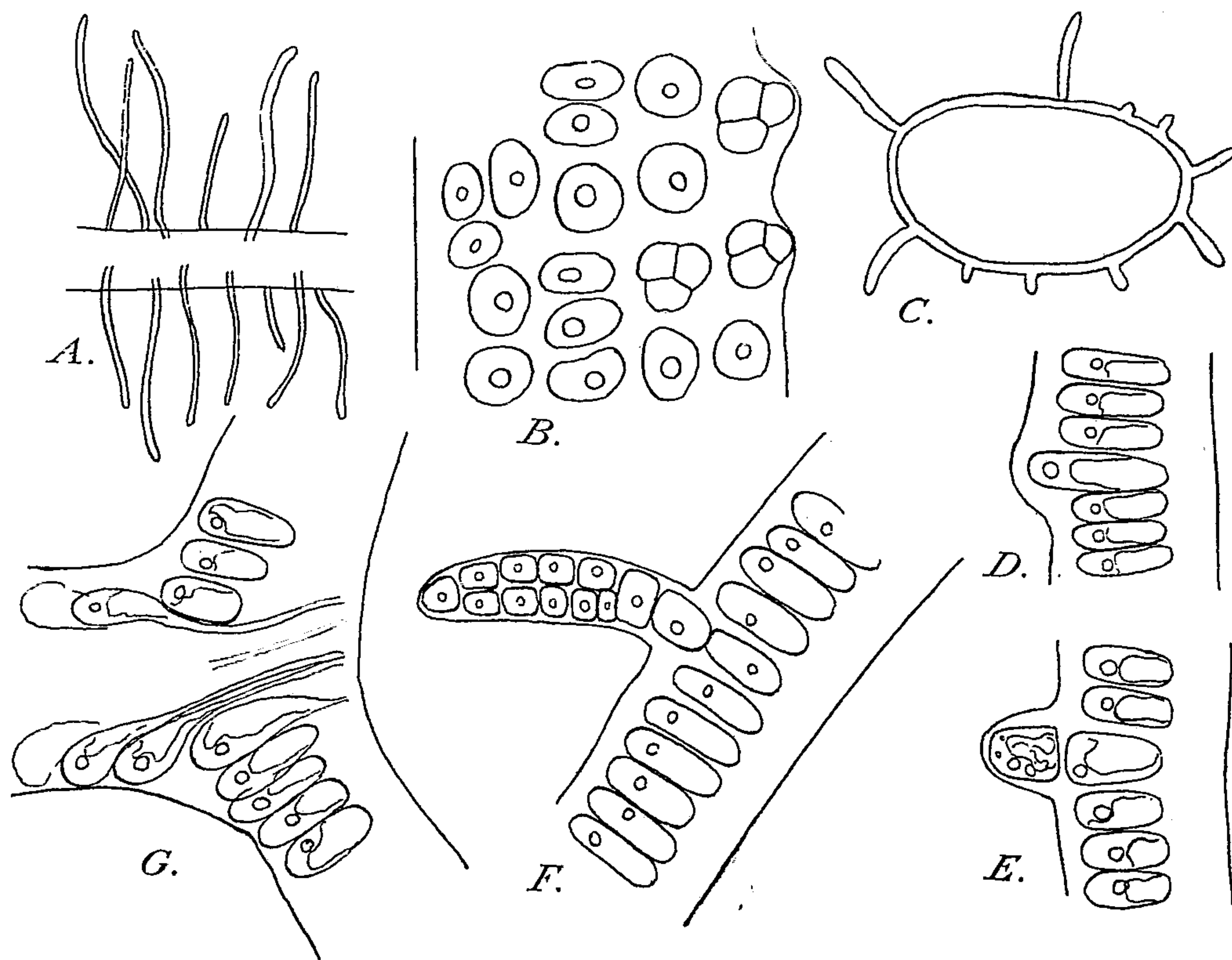
ALGOLOGIE. — *Sur deux exemples de multiplication végétative chez les Enteromorphes*. Note (*) de M. Pierre Dangeard.

Il y a quelque temps nous avons eu l'attention attirée par une *Enteromorpha* récoltée au cap Ferret, près d'Arcachon, vivant à un niveau élevé. Nous pensons qu'il s'agit d'une forme de l'*Enteromorpha minima* Naegeli [désignée aujourd'hui sous le nom de *Blidingia minima* (Naeg.) Kylin], en raison des caractères suivants : thalle rubané, filiforme, étroit, non ramifié; cellules de petite taille (4-6 μ de diamètre) ayant un chromatophore à pyrénoïde central et unique; présence de zoospores à quatre flagelles, dépourvues de point rouge et non phototactiques. Une seule particularité ne coïncide pas avec la diagnose du *Blidingia minima* : l'alignement des cellules de la fronde, qui est assez net, alors que, d'après Bliding (1937) les cellules de l'*E. minima* ont une disposition irrégulière, ce qui se vérifie d'ailleurs sur les échantillons typiques de cette algue en provenance de Guéthary ou de Soulac.

L'algue du Cap Ferret nous présentait d'autre part le caractère intéressant de produire à sa surface, dans certains échantillons, de nombreuses

(*) Séance du 21 novembre 1955.

plantules filiformes, développées apparemment aux dépens de cellules ordinaires du thalle; dans certains cas un thalle principal est ainsi hérissé de centaines de plantules linéaires, plurisériées et non ramifiées. Lorsqu'on suit le mode de formation de ces plantules, on voit qu'elles naissent de cellules ordinaires du thalle qui se cloisonnent d'abord à la manière d'un zoosporange, puis poussent vers l'extérieur un filament cloisonné, d'abord unisérié, puis bientôt plurisérié (*fig.* A, B).



A, B. *Blidingia minima* (Naeg.) Kylin. C — G. *Enteromorpha intestinalis* L. : A, portion d'un thalle portant des proliférations × 120; B, portion d'un thalle montrant l'origine des proliférations aux dépens de la cellule-mère d'un zoosporange × 1200; C, coupe d'un thalle au niveau de plusieurs proliférations × 120; D, E, F, développement d'une prolifération (plantule adventive); G, coupe de la base d'une plantule âgée montrant des cellules à rhizoïdes descendants × 600.

L'interprétation du phénomène observé conduit à y voir un exemple de multiplication végétative se substituant à la reproduction asexuée normale au moyen de zoospores nées dans des zoosporanges. Mais alors que les plantules de *Blidingia minima*, nées de zoospores, développent un disque relativement large d'où s'élèvent une ou plusieurs frondes linéaires et dressées, chez les plantules aposporiques que nous avons observées, il n'existe pas de disque important.

Un autre exemple d'une multiplication végétative chez une Entero-

morphe a été observé près de Saint-Christoly-de-Médoc, dans le pré salé qui borde la Gironde en cette région et qui est occupé par une végétation de Phanérogames halophiles. L'algue qui nous occupe semble être une forme de l'*Enteromorpha intestinalis* L. (1). Elle vit sur le limon parmi les *Inula crithmoides* L., en compagnie de la Floridée *Bostrychia scorpioides* (Huds.) Mont. et d'une Vauchérie, probablement *V. coronata* Nordstedt. Son mode de vie est très curieux et rappelle celui d'une plante terrestre, car elle est à demi enterrée et forme des tapis qu'on dirait enracinés; en réalité la partie souterraine filiforme se détruit peu à peu, tandis que le reste du thalle, formé de frondes contournées appliquées plus ou moins sur le sol, constitue des sortes de coussinets restant longtemps émergés, mais protégés contre le desséchement par les rameaux de l'*Inula* qui les abritent.

Comme dans le cas précédent les thalles de cette espèce émettent sur toute leur surface des plantules et celles-ci naissent aux dépens de cellules ordinaires du thalle.

Ces plantules pourraient être, à première vue, confondues avec de simples rameaux émis par le thalle principal mais leur aspect, leur abondance, leur orientation perpendiculaire au thalle âgé, inclinent à une autre interprétation. Lorsqu'on suit le développement de ces productions il apparaît que leur point de départ est toujours dans une cellule unique du thalle principal et que, après avoir atteint une certaine taille, elles forment des rhizoïdes descendants aux dépens des cellules proches de leur base (*fig.* B).

Il s'agit donc bien de plantules qui tirent chacune leur origine d'une cellule initiale unique se distinguant dès l'abord des cellules voisines par sa couleur vert-foncé, l'absence de structure visible de son chromatophore très condensé chargé de grains d'amidon, et son développement en saillie légère vers l'extérieur (*fig.* D). La première division de cette initiale a lieu transversalement, puis il se forme une petite plantule d'abord unisériée, puis bientôt plurisériée (*fig.* E, F). Au bout de quelque temps les plantules développent à leur base des rhizoïdes descendants (*fig.* G).

La disposition de ces plantules adventives est assez souvent orientée, car les frondes, plus ou moins envasées ou couchées sur le sol, développent des proliférations surtout vers l'extérieur : il se forme alors, sur les vieilles frondes, un chevelu unilatéral.

---

(1) On pourrait songer à l'*Enteromorpha intestinalis* L. var. *prolifera* que certains auteurs ont considéré comme espèce indépendante sous les noms d'*E. prolifera* J. Ag. ou d'*E. pilifera* Kütz., tandis que d'autres en font une variété de l'*E. compressa* (L.) Greville, mais cette assimilation reste douteuse et les proliférations de l'*E. prolifera* apparaissent différentes de celles qui nous intéressent dans cette Note et dont les caractères ne semblent pas avoir été remarqués jusqu'ici.

Les plantules nées aux dépens d'un thalle primaire d'*Enteromorpha intestinalis* ne se détachent pas, mais elles se substituent finalement à ce thalle vieilli dont la vitalité est amoindrie et qui finit par se détruire. Auparavant elles émettent elles-mêmes des proliférations de second ordre. Ainsi se constituent des tapis de filaments tortueux, au ras du sol, caractéristiques de cet habitat en milieu saumâtre fréquemment exondé.

On peut considérer cette Enteromorphe comme une algue en voie d'adaptation à une vie semi-terrestre et aérienne. On conçoit en effet qu'une vie prolongée en milieu aérien ait pu entraîner la disparition d'une reproduction par zoospores et l'établissement d'une active multiplication végétative. L'exemple du *Blidingia* dont il a été parlé plus haut semble fournir une étape dans cette évolution puisque cette algue a conservé la propriété de se reproduire par zoospores tout en ayant acquis la possibilité d'une multiplication végétative occasionnelle.

ÉLECTIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection d'un Membre non résidant, en remplacement de M. *Pierre Teilhard de Chardin*, décédé.

Le scrutin donne les résultats suivants :

	1er tour.	2e tour.
Nombre de votants	67	63
	Nombre de suffrages	
M. René de Mallemann	33	37
M. Albert Vandel	27	26
M. Louis Gallavardin	5	
M. Jean-Lucien Andrieux	2	

M. **René de Mallemann**, ayant obtenu la majorité des suffrages, est proclamé élu.

Son élection sera soumise à l'approbation du Gouvernement de la République.

PRÉSENTATIONS.

Dans la formation d'une liste de candidats à la place de Membre du Bureau des Longitudes vacante par la mort de M. *Jean Chazy*, pour la première ligne, M. *Paul Montel* obtient 49 suffrages contre 12 à M. *Albert Pérard*.

Pour la seconde ligne, M. *Albert Pérard* obtient 52 suffrages; il y a 4 bulletins blancs.

En conséquence, la liste présentée à M. le Ministre de l'Éducation Nationale comprendra :

En première ligne............... M. **Paul Montel.**

En seconde ligne................ M. **Albert Pérard.**

CORRESPONDANCE.

M. **Ernst Gäumann**, élu Associé étranger, adresse ses remercîments à l'Académie.

MM. **Pierre Tardi** et **André Gougenheim** prient l'Académie de bien vouloir les compter au nombre des candidats à la place vacante, dans la Section de Géographie et Navigation, par la mort de M. *Emmanuel de Martonne*.

L'**Académie nationale des sciences d'Allahabad** (Inde) annonce la célébration, du 26 au 29 décembre 1955, du vingt-cinquième anniversaire de sa fondation.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Institut national de la statistique et des études économiques. *La localisation des cultures et des productions animales en France*, par Joseph Klatzmann.

2° René Davy. *Contribution à l'étude des origines de la droguerie pharmaceutique et de l'industrie du sel ammoniac en France : L'apothicaire Antoine Baumé* (1728-1804).

3° Mémorial des sciences mathématiques. Fascicule CXXXI. *Sur une généralisation des polynomes de Jacobi*, par Félix Pollaczek.

4° Institut des Parcs nationaux du Congo belge. *Exploration du Parc national de l'Upemba. Mission G. F. De Witte en collaboration avec W. Adam, A. Janssens, L. Van Meel et R. Verheyen* (1946-1949) : Fascicules 30, 34, 35.

5° id. *Exploration du Parc National Albert. Mission G. F. De Witte* (1933-1935) : Fascicule 83. — *Mission d'études vulcanologiques :* Fascicule 1.

6° *Dorsal acetabular fractures of the hip* (*Dashboard fractures*), par Ake Waller (Thèse, Uppsala).

7° Alessandro Veneroso. *Sul potere digestivo della larva del* Bombyx mori *L.*

ANALYSE ABSTRAITE. — *Sur l'extension d'une mesure non archimédienne, simplement additive sur une tribu de Boole simplement additive, à une autre tribu, plus étendue*, II. « *Agrégats* » *et leur norme*. Note (*) de M. **Otton Martin Nikodým**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

En vue de l'application ultérieure aux mesures non archimédiennes l'auteur utilise la théorie des bouts, exposée dans sa Note précédente, pour étudier une sorte d'êtres fonctionnoïdes et leur norme qui satisfait à la condition de convexité spécifiée dans le théorème connu de Hahn-Banach en calcul fonctionnel.

4. Nous reprenons les notations et notions de la Note précédente ([1]). Soit (Φ) un corps algébrique linéairement ordonné avec éléments λ, μ, ν, ... et, (B) une tribu avec éléments a, b, ... Par un *$B\Phi$-agrégat* ([2]) nous allons entendre la classe des couples ordonnées de deux suites finies $[(a_1, \ldots, a_n), (\lambda_1, \ldots, \lambda_n)]$ où $n \geqq 1$, $a_k \in B$, $\lambda_k \in \Phi$, $a_1 + \ldots + a_n = 1$, $a_i . a_k = o$ pour $i \neq k$, obtenue d'une de ces couples par les permutations d'indices. (Quelques a_k peuvent être $= o$.) Nous les désignerons par $[\Sigma_i^\bullet \lambda_i a_i]$. Définissons l'*égalité des agrégats*, $[\Sigma_i^\bullet \lambda_i a_i] = [\Sigma_j^\bullet \nu_j b_j]$ par « $a_i . b_j \neq o$ entraîne $\lambda_i = \nu_j$ ». Définissons $[\Sigma_i^\bullet \lambda_i a_i] + [\Sigma_j^\bullet \nu_j b_j]$ comme $[\Sigma_{i,j}^\bullet (\lambda_i + \nu_j) a_i b_j]$ et, $\lambda[\Sigma_i^\bullet \lambda_i . a_i]$ comme $[\Sigma_i^\bullet (\lambda\lambda_i) a_i]$. Comme $[\Sigma_i^\bullet \lambda_i a_i] = \lambda_1 A_1 + \lambda_2 A_2 + \ldots$ où $A_i = [1 . a_i + 0 . \mathrm{co}\, a_i]$, $(\mathrm{co}\, a_i = 1 - a_i)$, on peut écrire $\Sigma_i \lambda_i a_i$ au lieu de $[\Sigma_i^\bullet \lambda_i a_i]$ (au moyen d'un isomorphisme convenable).

5. Soit $\mu(a)$ une mesure simplement additive sur (B) où $\mu(a) \in \Phi$. Posons $E_a = \{\mu(x) \mid x \subseteq a\}$ pour tout $a \in B$ et, définissons la *mesure inférieure* ${}^*\mu(a)$ de a [*supérieure*, $\mu^*(a)$ de a] comme le bout $\mathcal{BG}(E_a)$, $[\mathcal{BD}(E_a)]$. On a ${}^*\mu(a) \leqq \mu(a) \leqq \mu^*(a)$ et ${}^*\mu(a) \leqq 0 \leqq \mu^*(a)$. Par la *variation* $\overline{\mu}^*(a)$ *de la mesure* μ nous allons entendre $\mu^*(a) - {}^*\mu(a)$. On trouve que

$$\overline{\mu}^*(a+b) = \overline{\mu}^*(a) + \overline{\mu}^*(b) \qquad \text{si} \quad a . t = 0.$$

6. Supposons que (B) soit une sous-tribu d'une tribu (B') avec les mêmes o et 1 et où $(B) \neq (B')$. Soient A, B, X, ... des $B'\Phi$ — agrégats et a, b, x, ... des $B'(\Phi)$ — agrégats. On prouve que si $\Sigma_i \lambda_i A_i = \Sigma_j \nu_j B_j$, $a \in B$, $a \neq 0$, alors $\max\{|\lambda_\alpha| \mid a . A_\alpha \neq o\} = \max\{|\nu_\beta| \mid a . B_\beta| \neq o\}$. Considérons une partition finie et disjointe $\{a_k\}$ de 1 et, soit $\overline{\mu}^*$ la variation de μ et, $X = \Sigma_i \lambda_i A_i$. Posons

$$H^*[\{a_k\}, X] = \Sigma_k \overline{\mu}^*(a_k) \max_{a_k . A_\beta\, o} |\lambda_\beta|.$$

C'est un bout droit dans (Φ). Considérons l'ensemble $H(X)$ de tous

(*) Séance du 21 novembre 1955.

([1]) *Comptes rendus*, 241, 1955, p. 1439.

([2]) Comparez avec la Note de l'auteur : *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 375.

les $H^*[\{a_k\}, X]$ pour X fixé, la partition $\{a_k\}$ étant variable. Définissons $^*q(X) = \mathcal{B}\mathcal{G}[H(X)]$. Ce bout itéré sera appelé *le norme de* X par rapport à (B) et μ. En voici quelques propriétés :

1° Si $\lambda \geqq 0$, alors $^*q(\lambda X) = \lambda . ^*q(X)$;

2° Pour tous les ΦB — agrégats X, Y on a

$$^*q(X+Y) \leqq {}^*q(X) + {}^*q(Y).$$

Ces propriétés permettent d'appliquer le raisonnement de S. Banach, qui fournit le théorème connu de Hahn-Banach, ce qui sera montré dans la Note suivante de l'auteur.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Fonction caractéristique d'une application conforme. Relation avec la notion d'application de type* B*l*. Note de M. **Michel Parreau**, présentée par M. Paul Montel.

1. *Relation de Lindelöf-Lehto* (1). — Soit R une surface de Riemann ouverte, S une surface de Riemann quelconque, et f une application conforme de R dans S. Prenons sur R et S respectivement deux domaines relativement compacts F et G; soit $\mathcal{G}_G^q$ la fonction de Green de pôle q de G, prolongée par O dans S — G. $\mathcal{G}_G^q(f(p))$ est une différence de fonctions sousharmoniques dans F; si $N_F(p, q)$ et $H_{F,G}(p, q)$ sont les potentiels de Green dans F de la partie positive et de la partie négative de la mesure associée à cette fonction, on a la formule

$$\mathcal{G}_G^q(f(p), q) = N_F(p, q) - H_{F,G}(p, q) + \mathcal{U}_{F,G}(p, q), \tag{1}$$

dans laquelle $\mathcal{U}_{F,G}(p, q)$ est la « moyenne » de $\mathcal{G}_G^q \circ f$ dans F, avec le point de référence p.

On étendra la formule (1) au cas où F est un domaine greenien non relativement compact, si les potentiels qui y figurent ont un sens.

La fonction

$$S_{F,G}(p, q) = \mathcal{G}_G(f(p), q) + H_{F,G}(p, q) = N_F(p, q) + \mathcal{U}_{F,G}(p, q)$$

est, pour q fixe, la plus petite majorante surharmonique de $\mathcal{G}_G^q \circ f$ dans F; c'est aussi, pour p fixe, la plus petite majorante harmonique de $N_F(p, q)$ dans $G \cap \complement \{f(p)\}$.

2. *Fonction caractéristique.* — Lorsqu'on prend pour R le disque unité $|z| < 1$, pour S le plan complexe des w, pour F et G les domaines $|z| < r$ et $|w| > 1$,

(1) On généralise ici la « forme précise de l'inégalité de Lindelöf » donnée dans M. Heins, On the Lindelöf principle, *Annals of Math.*, 61, 1955, p. 440. La relation (1) a été indiquée par O. Lehto (*Math. Scand.*, 1, 1953, p. 207) dans le cas où R est le disque-unité, p étant au centre.

pour p et q les points $z=0$ et $w=\infty$, $S_{F,G}(p, q)$ n'est autre que la fonction $T(r, f)$ de Nevanlinna. Dans le cas général, on sera donc amené à appeler fonction caractéristique de f la quantité $S_{F,G}(p, q)$, considérée comme fonction du domaine F (définie sur l'ensemble filtrant $\mathcal{F}$ des domaines relativement compacts réguliers de R qui contiennent p). On constate aisément que cette fonction possède toutes les propriétés connues dans le cas classique (premier théorème fondamental, par exemple). En particulier, la notion de défaut s'étend à une application conforme ; si f est de caractéristique non bornée, on a encore le théorème de Frostman : les valeurs déficientes forment un ensemble de capacité nulle. Pour une application de caractéristique bornée, on peut aussi généraliser le théorème de Nevanlinna-Frostman sur les limites radiales, et l'étendre aux limites de f sur les lignes de Green ([2]) issues d'un pôle fixe $p \in R$.

3. *Relations entre les notions précédentes et celle d'application de type* Bl. — Soit $\Omega = f^{-1}(G)$. M. Heins [*loc. cit.* en ([1])] a appelé application de type Bl dans G une application conforme f telle que $u_{\Omega,G}(p, q)$ soit harmonique *singulière* ([3]). Or, si f est de caractéristique bornée, $u_{R,G}(p, q)$ existe, et *est l'image de* $u_{\Omega,G}(p, q)$ *par l'application* μ_Ω qui associe, à une fonction harmonique positive dans Ω et s'annulant à la frontière, sa plus petite majorante harmonique positive sur R. Il en résulte que $u_{R,G}(p, q)$ peut remplacer $u_{\Omega,G}(p, q)$ dans la définition du type Bl.

On voit ainsi que f sera de type Bl dans G si f « tend vers le complémentaire de G » sur presque toute ligne de Green issue de p. Lorsque R est le disque-unité et S le plan complexe, l'existence de limites radiales presque partout (Fatou-Nevanlinna) montre que la condition précédente est en outre nécessaire ; *pour qu'une fonction méromorphe de caractéristique bornée dans* $|z|<1$ *soit de type* Bl *dans un domaine greenien* G *du plan complexe, il faut et il suffit que l'ensemble des points* $e^{i\theta}$ *en lesquels la limite radiale de* f *appartient à* G *soit de mesure nulle sur* $|z|=1$.

On en déduit qu'une fonction méromorphe de caractéristique bornée ne peut être localement de type Bl dans le plan complexe tout entier. Appliquant ceci à la classification des surfaces de Riemann, on voit que le théorème 18.1 de Heins (*loc. cit.*) entraîne le résultat suivant (que nous exprimons en adoptant les notations de L. Sario) :

La classe O_{HB} *est contenue dans la classe* O_{AM_0} ([4]).

([2]) *Voir* M. Brelot et G. Choquet, *Espaces et lignes de Green* (*Ann. Inst. Fourier*, 3, 1951, p. 199).

([3]) *Voir* M. Parreau, Sur les moyennes des fonctions harmoniques et analytiques, *Thèse*, Paris, 1952, et *Ann. Inst. Fourier*, 3, 1951, p. 103.

([4]) Les démonstrations détaillées des résultats publiés ici paraîtront dans les *Annales de la Faculté des Sciences de Toulouse*.

ÉQUATIONS AUX DÉRIVÉES PARTIELLES. — *Ellipticité des équations paraboliques*. Note de M. **Sigeru Mizohata**, présentée par M. Jacques Hadamard.

On démontre l'ellipticité des équations paraboliques au sens de M. Petrowsky, dans le cas où les coefficients sont indéfiniment différentiables, en s'appuyant sur la méthode de la paramétrix [1].

Un article ultérieur donnera les démonstrations.

1. Nous dirons que le système,

$$(1)\qquad \frac{\partial^{n_i} u_i}{\partial t^{n_i}} = \sum_{j=1}^{N} \sum_{(k)} a_{ij}^{(k_0 k_1 \dots k_n)}(x, t) \frac{\partial^{k_0+k_1+\dots+k_n}}{\partial t^{k_0} \partial x_1^{k_1} \dots \partial x_n^{k_n}} u_j + g_i \qquad (i = 1, 2, \dots, N).$$

$$(k_0 < n_j,\ n_i > 0)$$

est parabolique ou p-parabolique [2] dans un ouvert $\Omega \subset (x, t)$, si

1° il existe un nombre entier p tel que

$$k_0 p + \sum_{s=1}^{n} k_s \leq n_j p,$$

2° les parties réelles des racines λ du déterminant de la matrice

$$\left\| \sum_{((k_s))_p} a_{ij}^{(k_0 k_1 \dots k_n)}(x, t) \lambda^{k_0} (i\xi_1)^{k_1} \dots (i\xi_n)^{k_n} \right\| - \left\| \begin{matrix} \lambda^{n_1} & & & \\ & \lambda^{n_2} & & \\ & & \ddots & \\ & & & \lambda^{n_N} \end{matrix} \right\|,$$

où $((k_s))_p$ désigne la sommation des termes tels que

$$k_0 p + \sum_{s=1}^{n} k_s = n_j p,$$

sont toujours inférieures à $-\delta$ (δ positif) quand $\xi = (\xi_1, \dots, \xi_n)$ parcourt la sphère $|\xi| = 1$, et (x, t) parcourt dans Ω.

Nous supposons des coefficients indéfiniment différentiables en (x, t).

Théorème. — *Soient g_i ($i = 1, 2, \dots, N$) des fonctions indéfiniment différentiables dans Ω, alors toute distribution $U = (u_1, \dots, u_N)$, solution de l'équation (1), est une fonction indéfiniment différentiable.*

---

(1) *Voir* L. Schwartz, *Théorie des distributions*, I, p. 139.

(2) Voir « *Über das Cauchysche Problem für ein System linearer partieller Differentialgleichungen im Gebiete der nichtanalytischen Funktionen* » (*Bulletin de l'Université d'État de Moscou*, fasc. 7, 1938, p. 1-74).

2. Pour simplifier, nous considérons le cas $N = 1$, $n_i = 1$,

$$(2)\qquad \left[\frac{\partial}{\partial t} - \sum_{|\nu| \leq p} q_\nu(x, t) \frac{\partial^{|\nu|}}{\partial x_1^{\nu_1} \ldots \partial x_n^{\nu_n}}\right] u = v,$$

où nous supposons que

1° les coefficients $q_\nu(x, t)$ sont indéfiniment différentiables en (x, t), et

$$\frac{\partial^k}{\partial t^k} q_\nu(x, t) \in (\mathcal{B})_x, \quad (k = 0, 1, 2, \ldots)$$

$$(2)\qquad \text{Partie réelle.} \sum_{|\nu| = p} q_\nu(x, t)(i\xi)^\nu \leq -\delta |\xi|^p \qquad (\delta > 0).$$

Nous considérons (2) comme équation d'évolution, et en décomposant cette équation en deux parties

$$(3)\qquad \frac{d}{dt} U_x(t) - \left[\sum_{|\nu| = p} q_\nu(0, t) p_1^{\nu_1} \ldots p_n^{\nu_n} - q_\varepsilon(x, t, p)\right] U_x(t) = V_x(t),$$

considérons la suite : $f_0(t), f_1(t), \ldots, f_i(t), \ldots$, où $f_i(t)$ sont des solutions de

$$(4)\qquad \left[\frac{d}{dt} - \sum q_\nu(0, t) p_1^{\nu_1} \ldots p_n^{\nu_n}\right] f_i(t) = q_\varepsilon(x, t, p) f_{i-1}(t) \qquad (i = 1, 2, \ldots)$$

avec $f_i(t) = 0$ pour $t \leq 0$, $f_0(t) = R_x(t, 0)$ (solution élémentaire.)

Alors,

$$f_i(t) = \int_0^t R_x(t, \tau) \underset{(x)}{*} q_\varepsilon(x, \tau, p) f_{i-1}(\tau)\, d\tau \qquad (t \geq 0;\ 0 \text{ pour } t < 0).$$

3. Espace hilbertien D^s, $(-\infty < s < \infty)$. — $f \in D^s$, si f est tempérée et si $\tau_{s/2}(p) f = (1 - p_1^2 - \ldots - p_n^2)^{s/2} . f \in L^2(R^n)$. On munit D^s du produit scalaire : $(f, g)_{D^s} = (\tau_s(p) f, g)$.

Espace $\mathcal{D}^s$, $(-\infty < s < +\infty)$. $f \in \mathcal{D}^s$, si $x_1^{\nu_1} \ldots x_n^{\nu_n} f \in D^{s+|\nu|}$, pour tout $|\nu| \geq 0$. On munit $\mathcal{D}^s$ de la topologie suivante : $f_j \to 0$ dans $\mathcal{D}^s$, si $x_1^{\nu_1} \ldots x_n^{\nu_n} f_j \to 0$ dans $D^{s+|\nu|}$, pour tout $|\nu| \geq 0$. $\mathcal{D}^s$ est un espace $(\mathcal{F})$.

Par définition, (a) les applications $f \to x_i f$ $(i = 1, 2, \ldots, n)$ de $(\mathcal{D}^s)$ dans $(\mathcal{D}^{s+1})$, (b) les applications $f \to p_1^{\nu_1} \ldots p_n^{\nu_n} f$ de $(\mathcal{D}^s)$ dans $(\mathcal{D}^{s-|\nu|})$ sont continues.

Proposition. — *$a(x) \in (\mathcal{B})$, $f \in (\mathcal{D}^s)$, $(-\infty < s < +\infty)$, alors l'application $(a(x), f) \to a(x) f$ de $(\mathcal{B}) \times (\mathcal{D}^s)$ dans $(\mathcal{D}^s)$ est continue.*

Proposition. — *Soit ω un ouvert tel que $O \notin \overline{\omega}$, alors, l'application $f \xrightarrow[\text{restriction}]{} f\omega$ de $(\mathcal{D}^s)$ dans $\mathcal{D}_{L^2}(\omega)$ est continue.*

Espace $\mathcal{D}^s[a, b]$. $\mathcal{D}^s[a, b]$ est l'ensemble des fonctions continues $f(t) \in \mathcal{D}^s$, $t \in [a, b]$. On munit $\mathcal{D}^s[a, b]$ de la topologie uniforme en t.

Proposition. — *Soit*

$$g(t)=\int_0^t \mathrm{R}_x(t,\tau) \underset{(x)}{*} q_\varepsilon(x,\tau,p) f(\tau)\, d\tau.$$

Hypothèse :

$$\frac{d^\nu}{dt^\nu} f(t) \in \mathcal{D}_0^{s-\nu p}[0,\mathrm{T}] \qquad (\nu=1, 2, \ldots k),$$

où $\mathcal{D}_0^s[0,\mathrm{T}]$ désigne le sous-espace de $\mathcal{D}^s[0,\mathrm{T}]$ des $f(t)$ tels que $f(0)=0$.

Conclusion :

$$\frac{d^\nu}{dt^\nu} g(t) \in \mathcal{D}_0^{s-\nu p+\alpha}[0,\mathrm{T}] \qquad (\nu=1, 2, \ldots, k, k+1).$$

En outre l'application

$$\left(f(t), \frac{d}{dt} f(t), \ldots, \frac{d^k}{dt^k} f(t)\right) \to \left(g(t), \ldots, \frac{d^{k+1}}{dt^{k+1}} g(t)\right)$$

est continue, où $\alpha<1$, quelconque.

Il est facile de voir que $\mathrm{R}_x(t,0) \in \mathcal{D}^s[0,\mathrm{T}]$, où $s<-n/2$; de plus, si l'on choisit p convenablement, pour $f_i(t)$ $(i=0, 1, 2, \ldots)$,

$$(x_1^2+\ldots+x_n^2)^p \left(\frac{d}{dt}\right)^l f_i(t) \in \mathcal{D}_0^s[0,\mathrm{T}],$$

cette remarque donne

Proposition. — *Soit* ω *un ouvert tel que* $0 \notin \overline{\omega}$, *alors*

$$\left[\left(\frac{d}{dt}\right)^l f_i(t)\right]_{\text{restriction dans } \omega} \in \mathcal{D}_{\mathrm{L}^2}(\omega)(-\infty, \mathrm{T}).$$

4. Revenons à l'équation (2). Quand on applique l'opérateur

$$\mathrm{D}=\frac{\partial}{\partial t}-\Sigma q_\nu(x,t) p_1^{\nu_1} \ldots p_n^{\nu_n}$$

à la distribution $\mathrm{Y}(t)[f_0(t)+\ldots+f_i(t)]$, où $\mathrm{Y}(t)$ est fonction d'Heaviside, on a

(5) $$\mathrm{D}\,\mathrm{Y}(t)[f_0(t)+\ldots+f_i(t)]=-\mathrm{Y}(t) q_\varepsilon(x,t,p) f_i(t)+\delta_x \times \delta_t.$$

Cette remarque, les propositions de 3, et d'autres considérations nous montrent que l'on peut trouver une paramétrix $\varpi(x,t;\xi,\tau)$ régulière :

$$\mathrm{D}_{(x,t)} \varpi(x,t;\xi,\tau)=\delta_{x-\xi} \times \delta_{t-\tau}+\mathrm{L}(x,t;\xi,\tau),$$

telle que $\mathrm{L}(x,t;\xi,\tau)$ soit aussi régulière qu'on le veut. Cela suffit en introduisant les noyaux symétriques $\varpi(\xi,\tau;x,t)$ et $\mathrm{L}(\xi,\tau;x,t)$ pour démontrer le théorème [1].

L'extension au cas général n'est pas difficile. Le cas elliptique classique est un cas particulier du cas parabolique (méthode de descente).

ÉLASTICITÉ. — *Sur le fluage du corps de Maxwell.*
Note (*) de M. **Jean Mandel**, présentée par M. Albert Caquot.

Nous étudions ici le corps viscoélastique dit de Maxwell, dont les équations caractéristiques sont

$$n = n_0 + B\theta, \qquad 2\dot{\varepsilon}_{ij} = \frac{\dot{s}_{ij}}{\mu} + \frac{s_{ij}}{\eta}, \tag{1}$$

n désigne la contrainte moyenne : $n = (1/3)\sum_i t_{ii}$ (t_{ij}, tenseur des contraintes), θ la dilatation cubique $\theta = \sum_i e_{ii}$ (e_{ij}, tenseur des déformations), s_{ij} le déviateur des contraintes $s_{ij} = t_{ij} - n\,\delta_{ij}$ (δ_{ij}, tenseur unité), ε_{ij} le déviateur des déformations $\varepsilon_{ij} = e_{ij} - (\theta/3)\delta_{ij}$. B et μ sont des coefficients d'élasticité, η est le coefficient de viscosité.

Les équations d'équilibre :

$$\sum_j \frac{\partial t_{ij}}{\partial x_j} + \rho X_i = 0 \tag{2}$$

s'écrivent d'après (1) :

$$\left(B + \frac{\mu}{3}\right)\frac{\partial\dot{\theta}}{\partial x_i} + \mu\,\Delta\dot{u}_i + \frac{\mu}{\eta}\left(B\frac{\partial\theta}{\partial x_i} + \frac{\partial n_0}{\partial x_i} + \rho X_i\right) = 0. \tag{3}$$

Ces équations déterminent les trois fonctions $u_i(x_1, x_2, x_3, t)$ composantes du déplacement, lorsqu'on leur adjoint : *a*. les conditions au contour; *b*. les conditions initiales. Le caractère linéaire des équations permet d'en superposer les solutions.

Supposons qu'on impose à l'instant zéro des forces ensuite maintenues constantes. Les variations instantanées des contraintes et des déformations sont d'après (1) celles que subirait un corps élastique de coefficients B, μ. Ceci précise les conditions initiales. Le calcul des contraintes et déplacements peut alors être fait par le procédé que nous avons exposé dans une Note antérieure [1]. Considérons :

1° Un écoulement permanent satisfaisant aux conditions *a* et aux équations (2). Les contraintes et les vitesses (t_{ij}^{∞}, u_i^{∞}) y sont indépendantes de t. Elles sont donc les mêmes que dans l'écoulement permanent lent d'un liquide visqueux. Les contraintes sont aussi les mêmes que pour un corps élastique de coefficient de Poisson égal à 1/2.

2° Des solutions de la forme $u_i(x_1, x_2, x_3)e^{-st}$ satisfaisant aux conditions *a*

(*) Séance du 21 novembre 1955.
(1) *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 1003.

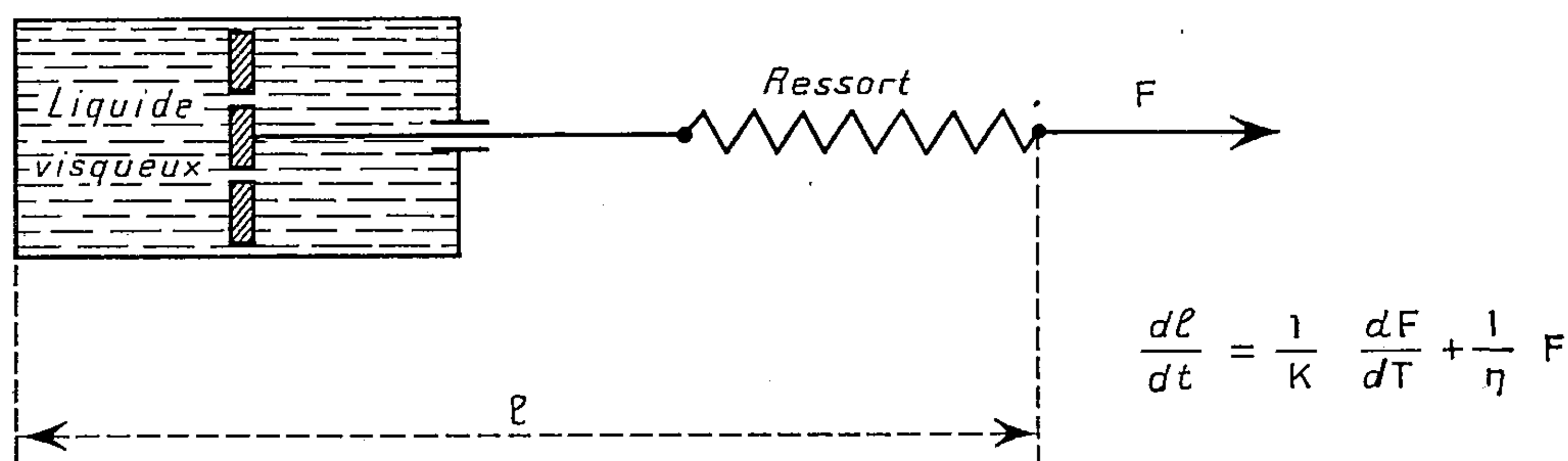
et aux équations (3) rendues homogènes. Pour ces solutions, on a

(4) $$n = B\theta, \qquad s_{ij} = 2\mu^{+}\varepsilon_{ij},$$

en posant

$$\frac{1}{\mu^{+}} = \frac{1}{\mu} - \frac{1}{\eta s}.$$

Ce sont les relations que vérifierait un corps élastique de coefficients B et μ^{+}. De telles solutions n'existent que pour certaines valeurs « propres » de



la constante s, valeurs qui forment un spectre discontinu si le domaine étudié D est fini. On peut montrer que ces valeurs propres sont réelles, positives et que pour deux valeurs différentes s_p, s_q, on a, si le corps est homogène :

(5) $$\int_D \theta_{(p)}\theta_{(q)}\,d\tau = 0 \qquad (d\tau = \text{élément de volume}),$$

$s = \mu/\eta$ est une valeur propre remarquable pour laquelle les déplacements sont nuls tandis que les contraintes forment un déviateur w_{ij} simplement assujetti à vérifier les conditions au contour et les équations (2) rendues homogènes.

Formons alors la solution

(6) $$u_i = \alpha_i(x_1, x_2, x_3) + \dot{u}_i^{*}(x_1, x_2, x_3)\,t - \sum_p A_p u_i^{(p)} e^{-s_p t},$$

(7) $$t_{ij} = t_{ij}^{*} + w_{ij}\,e^{-\frac{\mu}{\eta}t} - \sum_p A_p t_{ij}^{(p)} e^{-s_p t}$$

qui satisfait aux équations indéfinies et aux conditions a. Nous pouvons déterminer les constantes A_p et les fonctions α_i et w_{ij} de x_1, x_2, x_3 de façon à satisfaire aux conditions initiales (indice zéro). On doit avoir :

$$\theta^0 = \theta^\infty - \sum_p A_p\theta_{(p)}$$

d'où par (5) :

$$A_p = \int_D (\theta^\infty - \theta^0)\,\theta_{(p)}\,d\tau : \int_D \theta_{(p)}^2\,d\tau$$

puis :

$$\alpha_i = u_i^0 + \sum_p A_p u_i^{(p)}$$

$$w_{ij} = t_{ij}^0 - t_{ij}^\infty + \sum_p A_p t_{ij}^{(p)}$$

La solution obtenue montre que le fluage tend vers un écoulement permanent de liquide visqueux.

Dans un grand nombre de cas (enveloppe cylindrique soumise à des pressions normales uniformes, problème de Saint-Venant, tous les problèmes de résistance des matériaux) l'expression de n, quand le corps est supposé élastique, est indépendante des coefficients d'élasticité, de sorte que $\theta^0 = \theta^\infty$. Toutes les constantes A_p sont alors nulles.

On a aussi $\theta^0 = \theta^\infty$ d'où $A_p = 0$, lorsque l'on impose aux déplacements de rester nuls à la surface. Dans ce cas l'état limite est l'équilibre hydrostatique. La formule (7) fait connaître la relaxation des contraintes.

Les sols argileux et la neige ont des lois de fluage proches de celles du corps de Maxwell. Le fluage d'un massif homogène semi-indéfini limité par le plan $z = 0$ et soumis sur ce plan à des charges normales se déduit, par application du principe de superposition, de l'action d'une force normale P concentrée à l'origine. La solution de ce dernier problème est

$$u = \frac{P}{4\pi\mu}\left[\frac{rz}{\rho} - \frac{(1-2\sigma)r}{\rho(z+\rho)}\right] - \frac{P(1-2\sigma)^2}{8\pi\mu(1+\sigma)}\frac{r}{\rho(z+\rho)}(1-e^{-st}) + \frac{P}{4\pi\eta}\frac{rz}{\rho^3}t,$$

$$w = \frac{P}{4\pi\mu}\left[\frac{z^2}{\rho^3} + \frac{2(1-\sigma)}{\rho}\right] + \frac{P(1-2\sigma)^2}{8\pi\mu(1+\sigma)}\frac{1-e^{-st}}{\rho} + \frac{P}{4\pi\eta}\left(\frac{z^2}{\rho^3}+1\right)\frac{t}{\rho},$$

r désignant la distance d'un point M à Oz, u la composante radiale et w la composante parallèle à Oz du déplacement en M, σ le coefficient de Poisson

$$\rho = (r^2+z^2)^{\frac{1}{2}}, \qquad s = \frac{2\mu(1+\sigma)}{3\eta}.$$

MÉCANIQUE PHYSIQUE. — *Abaissement de la limite apparente d'élasticité des aciers par fluage après une amorce d'écrouissage (à la* température ordinaire). Note de MM. **Ferdinand Campus** et **Kasimierz Gamski**, présentée par M. Albert Caquot.

Un acier dur A (C : 0,5 %, Mn : 0,625 %, Si : 1,88 %) et un acier B demi-dur (C : 0,31 %, Mn : 1,47 %) ont été soumis à des essais de fluage dans les conditions suivantes. Ils ont été d'abord soumis à des étirages divers sous des tensions atteignant ou dépassant la limite apparente d'élasticité. Après décharge, ils ont été soumis immédiatement à l'effet d'une charge permanente de fluage réalisant une tension inférieure à la limite apparente d'élasticité.

Les déformations de fluage observées sont consignées ci-après :

	Acier A.	Acier B.
Diamètre (mm)	15	25
Limite de rupture (kg/mm^2)	88,3	70,44
Limite apparente d'élasticité (kg/mm^2)	61,7	45,1
Tension de fluage (kg/mm^2)	53,0	42,3
Fluage après 800 à 1000 h (10^{-5}) :		
a. sans déformation préalable	2,2	22
b. après déformation permanente préalable de 0,1 % sous une tension atteignant la limite apparente d'élasticité	940	610
c. après déformation permanente sous une tension préalable (supérieure à la limite apparente d'élasticité) :		
de 79,5 kg/mm^2	11,5	–
de 56,4 kg/mm^2	–	5,8

Il résulte de ces expériences, comparées à de précédentes relatées dans des publications antérieures (1), que pour les aciers présentant une limite apparente d'élasticité :

1° le fluage sous une tension inférieure à cette limite est très faible et rapidement stabilisé;

2° après écrouissage complet, le fluage sous une tension inférieure à l'ancienne limite élastique ou même supérieure, mais inférieure à la tension d'écrouissage, est faible;

3° si l'acier a subi un léger allongement permanent sous la tension limite apparente d'élasticité, d'une fraction assez faible de l'étendue du palier d'étirage, le fluage sous une tension inférieure à la limite apparente d'élasticité devient considérable et atteint l'ordre de grandeur du palier d'étirage. Cette déformation se produit après un temps assez long. Pour l'acier A elle s'est produite en majeure partie entre la 1re et la 24e heure de mise en charge; pour l'acier B entre la 1re et la 66e heure.

L'action du temps est donc nécessaire pour que se manifeste cet abaissement véritable mais différé de la limite apparente d'élasticité. Il produit une réelle singularité de la courbe de fluage, qui comporte un tronçon final et un tronçon initial peu inclinés réunis par un tronçon intermédiaire beaucoup plus incliné, formant une courbe en S caractéristique et propre à ce genre de fluage. Les courbes de fluage relevées pour les mêmes aciers dans toutes les autres conditions possibles, sous des tensions inférieures ou supérieures à la limite apparente d'élasticité, ont des allures toute différentes et analogues entre elles. Mais l'action du temps n'est pas suffisante, en ce sens que le phénomène ne se manifeste pas sous une

(1) *I. R. S. I. A. Comptes rendus de recherches*, n° 11, juillet 1953, Bruxelles.

tension franchement inférieure à la limite apparente d'élasticité, quelle que soit la durée d'application. Sous des tensions voisines de la limite apparente d'élasticité, en raison des écarts de cette limite, il arrive que le palier d'étirage se produise instantanément ou qu'il se manifeste pendant les premières heures du fluage, mais c'est là un cas de transition et qui ne correspond à aucun abaissement de la limite apparente d'élasticité. L'abaissement différé de la limite élastique ne se produit qu'à la suite d'un amorçage préalable du palier d'étirage. Nous n'avons pas connaissance que ce phénomène ait été déjà observé ou décrit. Nous nous proposons d'en faire une étude plus détaillée dans le but de définir le domaine dans lequel il se produit et d'établir son incidence sur la relaxation.

MÉCANIQUE PHYSIQUE. — *Viscosité et frottement intérieur dans les fils métalliques.* Note (*) de M. **Constantin Sălceanu**, présentée par M. Pierre Chevenard.

Généralement, dans la littérature du sujet, on mesure dans les fils métalliques leur « frottement intérieur » représenté par la tangente de l'angle de déphasage, $\operatorname{tg}\delta$, entre la sollicitation et la déformation correspondante. Celle-ci mesure l'amortissement des oscillations pendulaires et on montre qu'elle doit être égale au rapport entre le décrément logarithmique λ et π. Nous avons donc $\operatorname{tg}\delta = \lambda/\pi$.

Les courbes de « frottement intérieur » obtenues pour divers métaux [1], dans un intervalle de fréquences assez grand (1 à 1 000 c/s) présentent des maxima pour une fréquence déterminée.

Le même coefficient η de la loi de Newton, qui caractérise la viscosité des liquides et des gaz, peut caractériser la viscosité des métaux à l'état solide (fils métalliques) en nous servant de deux formules. La première [2] :

$$\eta = \frac{4lJ\lambda}{\pi r^4 t}$$

nécessite la mesure du décrément logarithmique, λ, et la période d'oscillation pendulaire, t. Dans cette formule, J représente le moment d'inertie, l la longueur du fil pendulaire et r le rayon du fil. La seconde formule [3]

$$\eta = \frac{2,8lJ}{\pi T r^4}$$

(*) Séance du 14 novembre 1955.

[1] C. Zener, *Elasticity and Non Elasticity of metals* (éd. russe), 1954, p.63.

[2] Subrahmanian, *Phyl. Mag.*, 1925, p. 711.

[3] C. Sălceanu, *Annales françaises de Chronométrie*, 19e année, 3, 1949, p. 401.

nécessite la mesure du temps T qui réduit à sa moitié l'amplitude d'oscillation pendulaire.

En introduisant la valeur de tgδ dans l'expression du coefficient de viscosité η, en fonction du décrément logarithmique, nous obtenons

$$\eta = \frac{4lJ\,\mathrm{tg}\,\delta}{r^4 t} = K_1 \frac{J}{t}\,\mathrm{tg}\,\delta = K\sqrt{J}\,\mathrm{tg}\,\delta,$$

expression qui fait la liaison entre le « frottement intérieur » donné par tgδ et le coefficient de viscosité, η.

Nous avons vérifié cette formule dans le cas de l'acier et de l'aluminium. Dans le cas de l'acier, nous avons obtenu les résultats suivants :

$\eta = 1,47.10^8$ pour $\nu = 0,45\ s^{-1}$ on calcule $\mathrm{tg}\,\delta = 0,00055$;
$\eta = 0,46.10^8$ » $\nu = 1,85\ s^{-1}$ » $\mathrm{tg}\,\delta = 0,00071$;

c'est-à-dire, dans le domaine des fréquences étudiées plus haut, tgδ calculé d'après notre formule croît avec la fréquence. L'ordonnée de la courbe expérimentale de l'acier croît aussi avec la fréquence pour le domaine étudié.

Dans le cas de l'aluminium, nous avons obtenu les résultats suivants :

$\eta = 3,6.10^8$ pour $\nu = 0,37\ s^{-1}$ on calcule $\mathrm{tg}\,\delta = 0,00056$;
$\eta = 0,92.10^8$ » $\nu = 1,45\ s^{-1}$ » $\mathrm{tg}\,\delta = 0,00038$;

c'est-à-dire dans le domaine des fréquences étudiées, la valeur de tgδ, calculée d'après notre formule décroît avec la fréquence. Ceci se trouve aussi vérifié par la courbe expérimentale de l'aluminium pour le domaine de fréquences étudiées.

Il semble donc que la relation indiquée plus haut traduit une dépendance entre ces deux constantes physiques.

Comme la courbe de variation du coefficient η en fonction de la fréquence garde une même allure pour tous les fils métalliques employés (hyperbole équilatère) cela donne un sens physique au coefficient η, à savoir : il tend vers un maximum pour de grandes sollicitations (petites fréquences) et vers un minimum pour de petites sollicitations (grandes fréquences). La réponse du fil métallique à toutes ces sollicitations, précise justement la valeur du coefficient η pour chaque métal à part, c'est-à-dire dépend de la nature du métal employé.

Quant au coefficient de « frottement intérieur », tgδ, celui-ci étant un simple coefficient numérique, n'a pas de dimension. Les courbes de tgδ en fonction de la fréquence, présentent des allures différentes pour chaque substance étudiée.

PHOTOÉLASTICIMÉTRIE. — *Amélioration des méthodes photoélasticimétriques.* Note de M. **Marcel Bonvalet**, présentée par M. Joseph Pérès.

Nous avons signalé, dans une précédente Note, la réalisation d'un torsiographe photoélastique, où la mesure des torsions dynamiques est ramenée à une mesure de biréfringences, traduite par la variation d'éclairement d'une cellule photoélectrique à gaz. La tension recueillie aux bornes de la résistance de charge de la cellule était convenablement amplifiée de sorte que la sensibilité obtenue assurait la mise en évidence d'allongements relatifs sur le métal de 5.10^{-6}.

Cet appareillage permettait la détection de vibrations de torsion la mesure de leurs fréquences, et la détermination de leurs amplitudes; mais le gain d'amplification nécessaire pour obtenir les performances mentionnées nécessitait l'emploi d'amplificateurs à courant alternatif, de sorte qu'il était impossible de tenir compte d'éventuelles torsions moyennes, et surtout les étalonnages statiques étaient interdits.

Il est possible d'obvier à ces inconvénients en utilisant des tubes photomultiplicateurs, dont les gains propres (théoriques), varient de 3 000 à 2.10^{6}.

Nous citerons l'exemple de mesures statiques effectuées sur un tube de torsion en duralumin, de diamètre intérieur $d = 26$ mm, de diamètre extérieur $d' = 30$ mm, et de longueur $l = 300$ mm. Les couples sont appliqués par l'intermédiaire d'une barre rigide à l'extrémité de laquelle on place des poids marqués. La cellule utilisée est un tube G 67 Grammont. La tension de sortie est appliquée à l'amplificateur à courant continu d'un oscillographe cathodique.

Dans ces conditions, à un couple de 0,3 m-kgp correspond une déflection de 10 cm sur le tube cathodique. En appréciant le millimètre, on peut mettre en évidence un couple de 3.10^{-3} m-kgp.

Un étalonnage préalable, fait à l'aide d'un compensateur de Babinet a montré que le couple de 0,3 m-kgp créait une différence de marche de 1/20° de longueur d'onde pour le jaune moyen ($\lambda = 0,575.10^{-3}$ mm). La sensibilité optique est alors de 5.10^{-4} λ/mm de déflection.

L'allongement relatif sur le métal correspondant à un couple de 0,3 m-kgp est de 5.10^{-5}. On pourra donc apprécier un allongement de 5.10^{-7}.

Il est possible d'améliorer encore ces mesures en employant une cellule de gain propre plus élevé. Mais il est alors nécessaire de prendre des précautions spéciales pour réduire le bruit de fond de la cellule, lequel gêne considérablement les mesures.

La sensibilité permet alors d'accéder à des allongements relatifs de 5.10^{-9}.

L'intérêt de ce dispositif nous paraît double :

1° L'emploi de tubes photomultiplicateurs assure aux mesures une fidélité absolue qu'il ne nous avait jamais été possible d'obtenir avec des tubes à gaz.

2° La sensibilité est plus que décuplée, de sorte que :

a. On peut employer les matériaux à faible constante photoélastique qui sont habituellement réservés aux relevés d'isoclines.

b. Il est possible de réduire les épaisseurs de couches photoélastiques, ce qui permet d'éviter en partie les biréfringences initiales, particulièrement gênantes.

c. Il est possible d'effectuer des mesures sur des organes très largement calculés, auxquels les procédés extensométriques sont inapplicables.

Il convient de signaler qu'en raison même de sa sensibilité, l'appareillage est réservé à l'étude de déformations nécessairement très faibles; car l'éclairement traduisant la biréfringence étant une fonction sinusoïdale de la déformation, une augmentation continue de celle-ci se traduit par une suite de maximums et de minimums dans le courant photoélectrique.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Calcul des moments de transition des bandes harmoniques d'une molécule diatomique, en fonction des constantes anharmoniques.* Note de M. **Itaru Gamo**, présentée par M. Jean Cabannes.

Les moments de transition ont été calculés à l'aide des fonctions d'onde corrigées jusqu'au premier ordre de perturbation. A cette approximation, les harmoniques plus hautes que la neuvième ne peuvent être observées, si l'on néglige les transitions dont les états inférieurs sont plus hauts que l'état fondamental.

On suppose que la fonction potentielle de vibration d'une molécule diatomique s'étend par ordre ascendant des puissances de la variation de la distance interatomique Δr, mesurée à partir de la position d'équilibre

$$\overline{U} = \frac{1}{2} k(\Delta r)^2 + a(\Delta r)^3 + b(\Delta r)^4 + \ldots.$$

Dans ce calcul on néglige les termes supérieurs à $(\Delta r)^4$, et considère $a(\Delta r)^3 + b(\Delta r)^4$ comme perturbation du premier ordre.

La fonction d'onde calculée à cette approximation est

$$\psi_n = \psi_n^0 - \beta \Big\{ a\alpha^{\frac{1}{2}}(C_{n+1}\psi_{n+1}^0 + C_{n-1}\psi_{n-1}^0 + C_{n+3}\psi_{n+3}^0 + C_{n-3}\psi_{n-3}^0) + b(C_{n+2}\psi_{n+2}^0 + C_{n-2}\psi_{n-2}^0 + C_{n+4}\psi_{n+4}^0 + C_{n-4}\psi_{n-4}^0) \Big\},$$

où ψ_n^0 représente la fonction d'onde d'ordre zéro correspondante, $\alpha = 4\pi^2 \mu\nu_0/h$, $\beta = h/16\pi^4\mu^2\nu_0^3$, μ la masse réduite et ν_0 la fréquence d'ordre zéro.

On trouve

$$C_{n+1} = \frac{3\sqrt{2}}{4}\sqrt{n+1}\,(n+1),$$

$$C_{n-1} = -\frac{3\sqrt{2}}{4}\sqrt{n}\cdot n,$$

$$C_{n+3} = \frac{\sqrt{2}}{12}\sqrt{(n+3)(n+2)(n+1)},$$

$$C_{n-3} = -\frac{\sqrt{2}}{12}\sqrt{n(n-1)(n-2)},$$

$$C_{n+2} = \frac{1}{4}\sqrt{(n+2)(n+1)}\,(2n+3),$$

$$C_{n-2} = -\frac{1}{4}\sqrt{n(n-1)}\,(2n-1),$$

$$C_{n+4} = \frac{1}{16}\sqrt{(n+4)(n+3)(n+2)(n+1)},$$

$$C_{n-4} = -\frac{1}{16}\sqrt{n(n-1)(n-2)(n-3)}.$$

On a évalué les expressions suivantes des moments de transition.

$$(0|\Delta r|1) = N_0N_1\sqrt{\frac{1}{2\alpha}}\left[1 - \frac{3}{2}\beta b + \beta^2\left(\frac{125}{24}a^2\alpha + \frac{255}{32}b^2\right)\right],$$

$$(0|\Delta r|2) = N_0N_2\sqrt{\frac{1}{2\alpha}}\left[\beta a\alpha^{\frac{1}{2}} + \frac{1}{12}\beta^2 a\alpha^{\frac{1}{2}}b\right],$$

$$(0|\Delta r|3) = N_0N_3\sqrt{\frac{1}{2\alpha}}\left[\frac{\sqrt{6}}{4}\beta b - \frac{21\sqrt{6}}{8}\beta^2a^2\alpha + \frac{15}{16}\beta^2 b^2\right],$$

$$(0|\Delta r|4) = N_0N_4\sqrt{\frac{1}{2\alpha}}\left[-\left(\frac{5\sqrt{3}+61}{4}\right)\beta^2 a\alpha^{\frac{1}{2}}b\right],$$

$$(0|\Delta r|5) = N_0N_5\sqrt{\frac{1}{2\alpha}}\left[-\left(\frac{3\sqrt{30}+\sqrt{10}}{2}\right)\beta^2a^2\alpha - \frac{75}{16}\beta^2b^2\right],$$

$$(0|\Delta r|6) = N_0N_6\sqrt{\frac{1}{2\alpha}}\left[-\frac{63\sqrt{10}}{8}\beta^2 a\alpha^{\frac{1}{2}}b\right],$$

$$(0|\Delta r|7) = N_0N_7\sqrt{\frac{1}{2\alpha}}\left[-\frac{\sqrt{35}}{6}\beta^2 a\alpha^{\frac{1}{2}}b - \frac{111\sqrt{35}}{16}\beta^2b^2\right],$$

$$(0|\Delta r|8) = N_0N_8\sqrt{\frac{1}{2\alpha}}\left[-\frac{\sqrt{35}}{2}\beta^2 a\alpha^{\frac{1}{2}}b\right],$$

$$(0|\Delta r|9) = N_0N_9\sqrt{\frac{1}{2\alpha}}\left[-\frac{9\sqrt{70}}{32}\beta^2b^2\right],$$

et

$$(0|\Delta r|n) = 0 \quad \text{pour} \quad n \geqq 10.$$

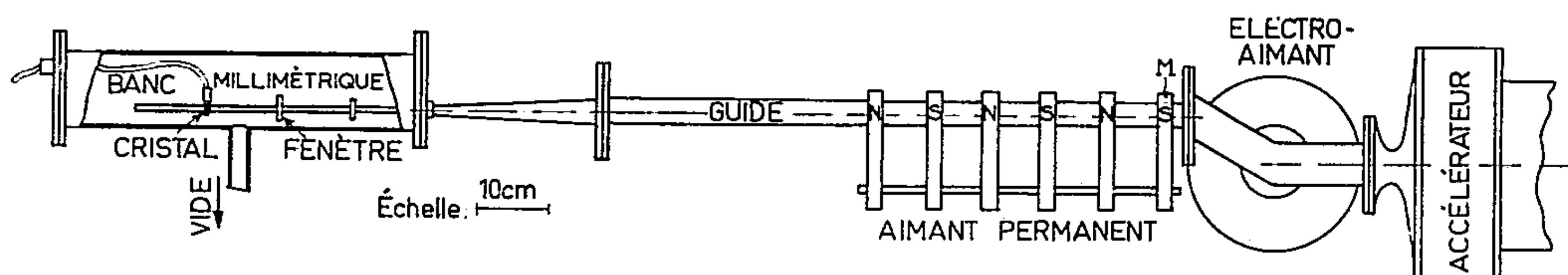
Dans les expressions précédentes, N_n représente le facteur de normalisation de la fonction ψ_n.

ÉLECTRONIQUE. — *Production d'ondes millimétriques par un ondulateur magnétique.* Note de M. **René Combe** et Mme **Thérèse Frelot**, présentée par M. Louis de Broglie.

Après avoir décrit un dispositif destiné à produire, par application de l'effet Döppler relativiste, un rayonnement de courte longueur d'onde, on donne les résultats concernant la puissance et le spectre de fréquences.

Nous avons construit un ondulateur (¹), composé d'un aimant, d'un guide d'ondes spécial, d'un banc de mesures, et d'un correcteur de champ, et qui fait suite à un accélérateur linéaire d'électrons fonctionnant en régime pulsé (50 impulsions de 1 μs/s). Le spectre des électrons s'étend de 1,5 à 3,0 MeV, avec un maximum à 2,3 MeV.

L'aimant, permanent, produit un champ sinusoïdal, avec $B = 960$ gauss, et $l = 16$ cm. Le guide d'ondes, rectangulaire (dimensions intérieures 40×25 mm),



ONDULATEUR

est étanche et permet le passage du faisceau, compte tenu de la vibration dans le plan vertical (la trajectoire est sensiblement une sinusoïde d'amplitude 7 mm). Ce guide doit aussi satisfaire à certaines conditions relatives à l'existence des régimes d'ondes guidés.

Grâce à l'électroaimant correcteur, la vitesse des électrons de 2,3 MeV en M est parallèle à l'axe, et leur trajectoire moyenne coïncide avec cet axe (¹). Ce dispositif joue le rôle d'un spectromètre, car les électrons d'énergie différente se perdent dans le métal. Il en est de même des électrons de 2,3 MeV, à la sortie de l'aimant permanent.

Une transition progressive assure la jonction avec le banc de mesures, formé d'éléments de guides rectangulaires millimétriques (dimensions intérieures $7,10 \times 3,55$ mm). Situé à l'intérieur d'une chambre étanche, ce banc comporte une section courbe arrêtant les électrons qui pourraient subsister (des tests au compteur de bétas n'ont révélé aucun courant décelable dans cette partie de l'appareil), une fenêtre métallique, une monture de cristal, et une terminaison.

(¹) R. Combe et M. Feix, *Comptes rendus*, **237**, 1953, p. 1318 et **237**, 1953, p. 1660. Nous conservons ici les mêmes notations.

Le cristal détecteur est relié à un oscilloscope ou à un galvanomètre. Si la fenêtre occulte le guide, le signal reçu disparaît : cela montre qu'il n'est pas dû à un effet parasite.

La théorie prévoit, avec $\beta = 0,9833$, $k = 0,2651$, $\bar{\beta} = 0,9657$, l'émission d'une énergie de $2,95.10^{-24}$ J/électron, dans la traversée de l'ondulateur. L'intensité moyenne du faisceau étant 0,3 μA, on doit s'attendre à une puissance rayonnée totale, pendant l'impulsion, de $1,10.10^{-7}$ W dans l'hypothèse d'une incohérence totale, et de 1,38 W, dans l'hypothèse inverse d'une parfaite cohérence des vibrations élémentaires. L'expérience fournit naturellement une valeur intermédiaire, d'environ 1 mW.

Le calcul conduit, en espace libre, à une longueur d'onde rayonnée fondamentale égale à 4,30 cm dans le système (S′), et, dans le système (S), suivant l'axe et en avant (côté de l'observation) à 5,69 mm. La présence du guide modifie cette dernière valeur qui devient 6,16 mm. De plus la longueur finie de l'ondulateur produit, en espace libre et dans le guide, un étalement du spectre. En intercalant dans le guide millimétrique des filtres cylindriques, nous avons effectué une détermination approchée du spectre, qui s'étend de 4,8 à 8,0 mm, avec un maximum à 5,75 mm. Ces expériences étendent et précisent les résultats obtenus par H. Motz (²).

OPTIQUE. — *Réalisation de miroirs à couches diélectriques minces pour l'ultraviolet (région de 0,25 μ).* Note (*) de Mlle **Geneviève Rimbert** et MM. **Robert Lennuier** et **Jean-Louis Cojan**, présentée par M. Jean Cabannes.

Les possibilités d'utilisation de l'étalon de Fabry et Perot dans l'ultraviolet, en particulier avec la radiation de résonance du mercure λ 2537 Å, sont limitées par la forte absorption des miroirs semi-transparents dont on dispose. Les moins mauvaises conditions sont obtenues avec une couche mince d'aluminium déposée sur une glace de quartz par évaporation thermique sous vide; on obtient alors au mieux, sur la longueur d'onde 2537 Å, un facteur de réflexion $R = 0,80$ avec un facteur de transmission qui atteint (¹) dans les cas les plus favorables la valeur $T = 0,04$ et reste plus souvent voisin de 0,02. La transparence de l'étalon $\mathcal{T} = [T/(1-R)]^2$ [nous utilisons la terminologie de Ch. Dufour (²)] n'est alors que de l'ordre de 0,01 pour une finesse des anneaux égale à 15.

On est tenté de chercher à améliorer ces conditions en fabriquant des miroirs

(²) *J. Appl. Phys.*, 24, 1953, p. 826.

(*) Séance du 21 novembre 1955.

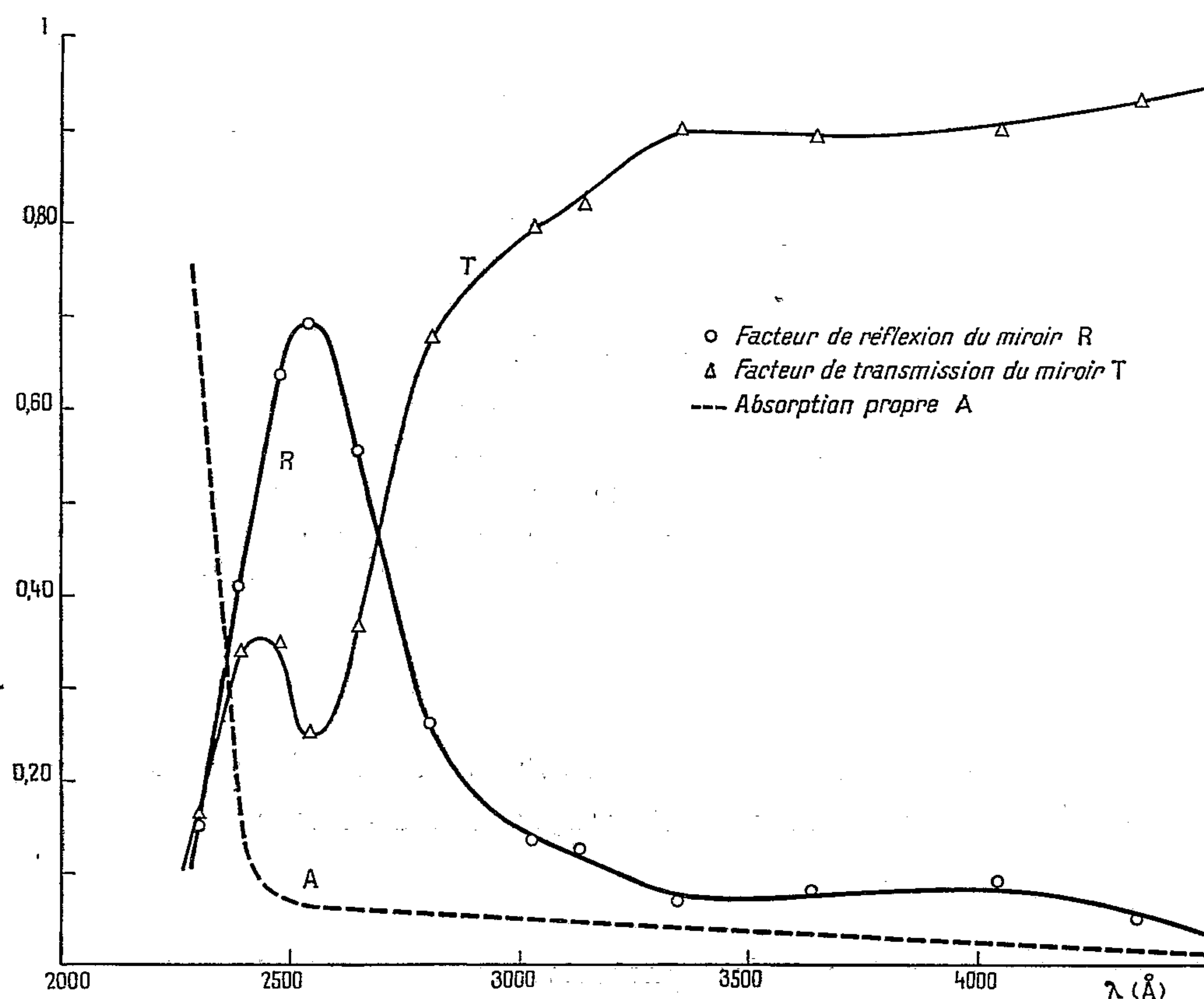
(¹) Crawford, Gray, Schawlow et Kelly, *J. Opt. Soc. Amer.*, 39, 1949, p. 888.

(²) *Thèse*, Paris, 1950, et *Ann. Phys.*, 6, 1951, p. 5.

interférentiels par dépôt de couches diélectriques d'épaisseur optique $\lambda/4$ et alternativement de haut et bas indices de réfraction suivant la technique Jacquinot-Dufour qui, dans le domaine visible, donne de si brillants résultats.

La cryolithe (substance de faible indice) est utilisable dans l'ultraviolet moyen où son absorption reste faible. Mais les substances d'indice élevé habituellement utilisées (sulfure de zinc ou d'antimoine) sont très fortement absorbantes dans le domaine spectral qui nous intéresse.

Nous avons étudié les conditions d'utilisation de l'iodure de rubidium. Cette substance partage avec l'iodure de potassium la propriété d'être encore très transparente à 2 537 Å et d'y posséder un indice de réfraction voisin de 2 ([3]).



Chauffé sous vide ($1,5.10^{-5}$ mm Hg) entre 350 et 400°C, l'iodure de rubidium se dépose en couches minces sur du quartz. La cloche à évaporation utilisée est associée à un monochromateur et à une cellule et comporte une optique de quartz, permettant de suivre sur une longueur d'onde donnée (généralement λ 2 537 Å) la marche d'une évaporation.

([3]) T. Radhakrishnan, *Proc. Ind. Acad.*, 27 A, 1948, p. 165.

Le dépôt de couches alternées d'iodure de rubidium et de cryolithe d'épaisseur optique $\lambda/4$ donne des miroirs qui sont parfaitement stables sous vide mais qui malheureusement s'altèrent très rapidement à l'air; en atmosphère séche ils peuvent se conserver une semaine environ et l'on peut mesurer avec précision, hors de la cloche, leurs facteurs de réflexion R et de transmisions T. Mais en atmosphère humide les couches d'iodure, très hygroscopiques, sont altérées dès que l'air est introduit dans la cloche à évaporation. Nous avons essayé de protéger l'ensemble des couches en les recouvrant d'une dernière couche de cryolithe d'épaisseur λ mais cette protection est insuffisante, probablement à cause de la structure lacunaire de la cryolithe déposée.

Un miroir formé de dix couches actives, répondant à la structure suivante (quartz BH BH BH BH BH) et terminé par une couche λ de cryolithe, présentait sous vide un facteur de réflexion de 0,85 environ.

Une mesure précise à pu être faite pour un miroir comportant sept couches actives (quartz HB HB HB H) protégées par une couche λ de cryolithe et qui s'est conservé intact une semaine environ à l'air libre. Nous reproduisons plus haut les courbes expérimentales donnant en fonction de la longueur d'onde entre 2 300 et 4 500 Å les variations des facteurs de réflexion R, de transmission T et d'absorption $A = 1 - T - R$, de ce miroir interférentiel. Sur la longueur d'onde λ 2 537 Å on trouve $R = 0{,}69$, $T = 0{,}25$ et $A = 0{,}06$.

L'ensemble des mesures, qui ont porté sur plusieurs miroirs de ce type, nous incite à poursuivre les recherches en vue d'obtenir une protection efficace des couches déposées. Il deviendra alors possible de multiplier par un facteur 20 le produit $\mathcal{F}\mathcal{T}$ de la finesse par la transparence d'un étalon de Fabry et Perot sur la longueur d'onde 2 537 Å.

POLARIMÉTRIE. — *Un polarimètre photoélectrique à lame demi-onde vibrante.* Note de MM. **Jean Bouchard** et **Jacques Moret-Bailly**, présentée par M. Gustave Ribaud.

Les polarimètres à cellules photoélectriques, construits suivant le procédé indiqué par G. Bruhat et A. Guinier [1] conduisent à des mesures de longue durée. Nous avons cherché à adapter le système de pénombre de Laurent à un récepteur sensible, non aux éclairements mais aux flux : une lame demi-onde de mica vibre en tournant dans son plan devant l'analyseur; les faces de celle-ci sont parallèles, de sorte que la géométrie du faisceau n'est pas modifiée au cours du pointé, comme dans les systèmes

(1) *Revue d'Optique théorique et instrumentale*, 12, 1933, p. 396.

utilisant la rotation de l'analyseur. L'amplitude de rotation de la lame est équivalente à un demi-angle de pénombre.

Lorsque la vibration incidente est pointée, le courant photoélectrique ne contient pas de composante à la fréquence N de vibration de la lame demi-onde; pour les autres positions, la phase de la composante à la fréquence N donne le sens dans lequel il faut tourner l'analyseur.

Nous utilisons une cellule à neuf multiplicateurs IP 21, IP 22 ou IP 28.

Après préamplification par un appareil sensible au courant alternatif, le courant photoélectrique peut alimenter deux dispositifs :

a. Un filtre sélectionnant la fréquence N, suivi d'un oscillographe cathodique;

b. Un système électronique permettant de faire le produit du courant par une fonction impaire de période N. La valeur moyenne obtenue s'annule et change de signe, lors du passage à l'extinction.

On peut admettre que le bruit de fond de la cellule photoélectrique est, pour les faibles éclairements, une fonction linéaire du flux lumineux incident; la plus petite variation de flux perceptible est alors :

$$\Delta\Phi = A + B\Phi$$

(A et B sont des constantes positives).

Le demi-angle de pénombre le plus favorable, pour un flux Φ_0 tombant sur l'analyseur, est donné par :

$$\sin^2\alpha = \frac{B}{2A + B\Phi_0}.$$

Avec une cellule IP 21, utilisée à la température ordinaire, les pointés sont reproductibles avec toute la précision donnée par le cercle gradué utilisé (10″), la mesure électrique correspondant à une sensibilité de l'ordre de 1″. (Le diamètre angulaire de la source est 25′, le diamètre du faisceau 1 cm, la brillance de la source est celle de la raie verte d'une lampe à vapeur de mercure de 150 W, suivie d'un monochromateur à prisme). Les résultats sont supérieurs à ceux qui peuvent être obtenus par mesure visuelle.

L'addition d'une lame quart d'onde escamotable transforme l'appareil en analyseur elliptique. Un analyseur elliptique peut également être obtenu en remplaçant lame vibrante et quart d'onde par une cuve dans laquelle sont produits successivement, en courant alternatif, les phénomènes de Kerr et de Faraday.

PHYSIQUE CORPUSCULAIRE. — *Sur différentes préparations d'émulsions sensibles aux particules chargées.* Note (*) de M. **François Simon**, présentée par M. Louis de Broglie.

Divers procédés classiques de préparation d'émulsions sensibles ont été étudiés et comparés. Ils nous ont permis de mettre au point un nouveau mode opératoire pratique produisant des émulsions à grains fins. L'influence de différents facteurs physiques est mise en évidence.

Dans nos essais, nous avons utilisé différents échantillons analysés de gélatine commerciale. Le point de départ expérimental de nos travaux est la formule de Halg et Jenny (1) complétée par une publication de Jenny (2) qui précipitent le bromure d'argent dans la gélatine par écoulement goutte à goutte de deux solutions de réactif. Dans la deuxième méthode, une maturation en présence d'ammoniaque suit immédiatement la précipitation. La difficulté du procédé réside dans l'obtention d'un écoulement correct et reproductible des solutions : la solution de KBr doit être en avance de quelques gouttes sur la solution de $AgNO_3$ et il importe qu'en aucun cas cette avance ne soit nulle au cours de la précipitation. Le réglage à la main de ces conditions étant difficile, nous avons réalisé un dispositif automatique (3), qui assure, en outre, une reproductibilité des écoulements d'une expérience à l'autre. Pour chaque solution, l'appareillage est le suivant (*fig.* 1) : un tube de fort diamètre T est relié par son extrémité intérieure au bas d'un tube de verre *t* de diamètre dix fois plus petit. Le haut de ce tube de verre est raccordé au goulot de la burette *b* contenant la solution à faire écouler. Après remplissage de la burette, il suffit d'apporter au tube T de l'eau en débit convenable. La durée de la précipitation par cette méthode est assez longue, d'une trentaine de minutes, et ne permet pas d'éviter toute maturation en cours de préparation. L'émulsion obtenue présente une bonne sensibilité mais aussi des grains relativement gros.

Nous avons alors entrepris d'autres essais sur une méthode mise au point par Markocki (4) dans laquelle le volume total de chacune des solutions est introduit par fractions de volume v, alternativement bromure de potassium, puis nitrate d'argent. Ce procédé, facile à utiliser, ne nous a pas permis d'obtenir, avec les gélatines que nous employons, des émulsions

(*) Séance du 21 novembre 1955.
(1) *Helv. Phys. Acta*, 21, facs. 2, p. 131.
(2) *Congrès de Bristol*, mars 1950 et Communications personnelles à P. Cüer.
(3) Mis au point au Laboratoire par J. J. Jung.
(4) *Sc. et Ind. Phot.*, (2), 23, n° 12, 1952, p. 469.

suffisamment sensibles ou de grains assez fins. Nous l'avons utilisé principalement à l'étude de quelques conditions physiques et mécaniques nécessaires à l'obtention de bonnes émulsions sensibles.

La méthode de Demers ([5]), peu propre à la préparation d'émulsions expérimentales eu égard aux grandes quantités de réactifs nécessaires, nous a conduit peu à peu à la technique suivante.

On emploie trois solutions : sol. A : $AgNO_3$ 600 g pour 1000 cm^3 H_2O; sol. B : KBr 420 g pour 1000 cm^3 H_2O; sol. C : gélatine 60 à 80 g H_2O pour 1000 cm^3; alcool 200 cm^3.

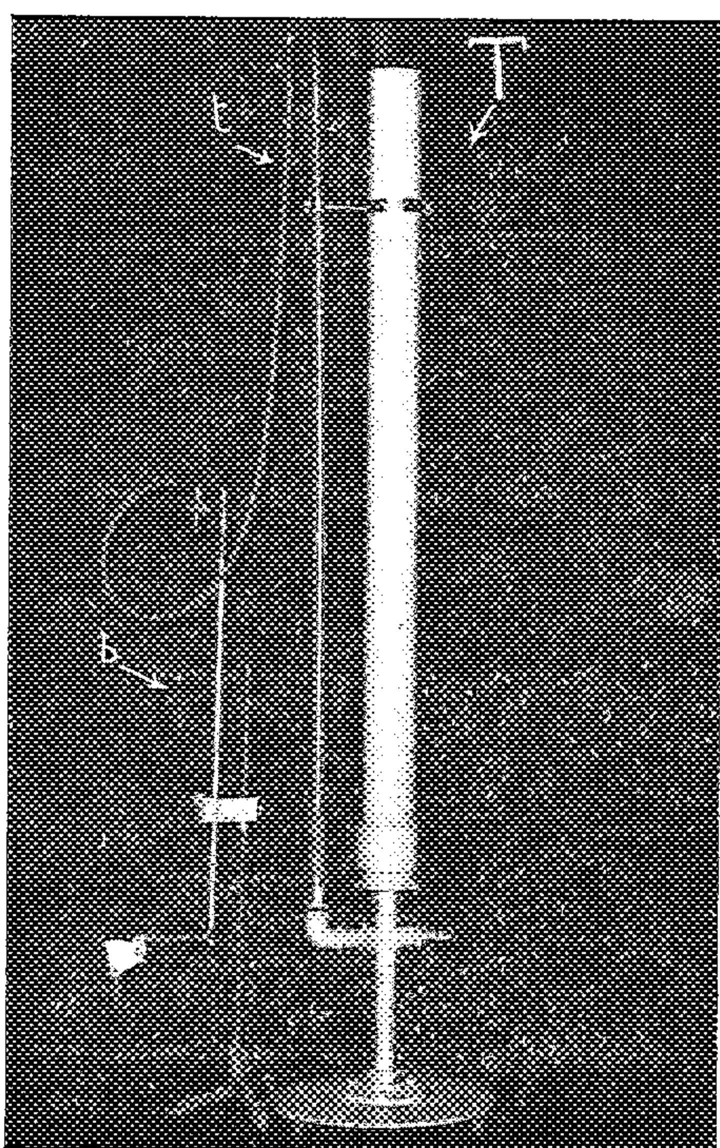


Fig. 1.

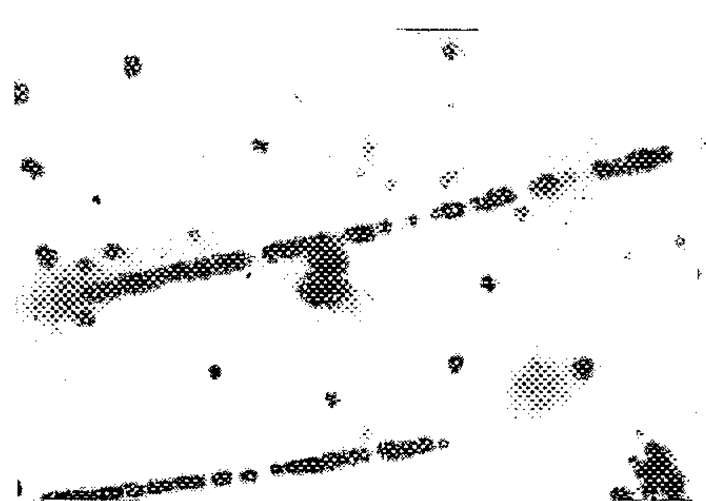


Fig. 2.

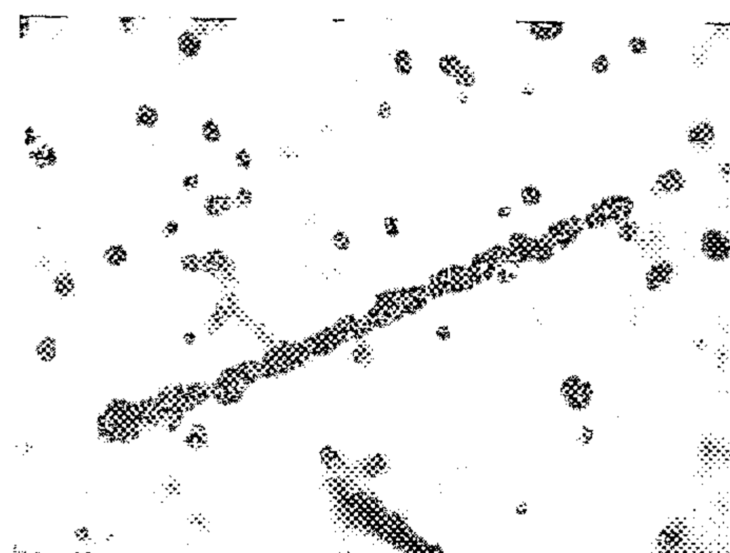


Fig. 3.

La quantité de gélatine employée dans la solution C dépend de la qualité dont on dispose. Nous avons constaté que la viscosité avait une importance primordiale. Une solution aqueuse de la gélatine à expérimenter dans 100 cm^3 d'eau devait avoir, avec nos gélatines, une viscosité de l'ordre de 15 à 20 centipoises à mode opératoire : 120 cm^3 de la solution C sont portés à 50° en thermostat et fortement agités, en évitant toutefois la mousse. On emploie 50 cm^3 de chacune des solutions A et B à la précipitation. Après avoir versé 3 à 5 cm^3 de KBr dans la solution gélatinée, on

([5]) *Canad. J. Phys.*, **32**, 1954, p. 538-554.

fait couler simultanément les deux solutions A et B en débit rapide. La vitesse d'écoulement est de 12 à 15 cm^3 à la minute. La durée totale de précipitation est ainsi très brève et l'on évite de ce fait, toute maturation autre que celle que l'on désire.

A la fin de la précipitation, on laisse l'émulsion refroidir; elle est ensuite portée au frigidaire à 4° durant une nuit. On la coupe alors en petits fragments pour la laver 8 h durant sous l'eau courante à faible débit. L'émulsion est alors refondue à 40°. On y ajoute à ce moment, pour 200 cm^3, 10 cm^3 de la solution constituée ainsi : H_2O 80 cm^3; alun de chrome 2 g; glycérine pure 40 cm^3.

L'émulsion est alors prête à être coulée sur plaques de verre. Les plaques, après prise en masse de l'émulsion, sont mises à sécher dans une armoire parcourue d'un lent courant d'air, réfrigéré si besoin est.

Ce mode opératoire nous a semblé le plus commode vu sa rapidité et sa reproductibilité. Il procure des émulsions dont le grain est plus petit que celui formé par les procédés mentionnés plus haut (*fig.* 2 et 3).

Dans tous les cas, pour comparaison standardisée, les plaques sont développées dans le révélateur ID^{19} dilué 1/3 pendant 25 mn.

Dans les méthodes ci-dessus, nous avons cherché à déterminer l'importance du choix de la gélatine, de la température de fabrication, de la vitesse d'agitation [6]. Du point de vue photographique, les gélatines dont nous disposions étant proches, nous avons surtout étudié le rôle de la viscosité du milieu où se fait le précipité de BrAg. Si la viscosité est trop faible ou trop élevée, on trouve de gros amas de BrAg et d'Ag dans l'émulsion.

La température à laquelle se fait la précipitation est optimum dans le cas de nos expériences, à 50°. Elle joue essentiellement un rôle sur le voile possible, peu sur la sensibilité et la taille des grains. Toutefois, dans le cas des gélatines allemandes employées avec le procédé Markocki, une température de précipitation trop basse (40°) conduit à la présence de gros amas de BrAg. Nous avons, en outre, cherché quelle était l'importance de la rapidité d'écoulement des solutions. Dans le procédé Markocki le débit de KBr est indifférent pourvu qu'il y ait homogénéité avant introduction de $AgNO_3$. Par contre, il convient que celui-là s'écoule lentement pour ne pas obtenir un voile important.

Dans différents procédés dont nous parlons ici, et avec nos gélatines, la méthode de Jenny [2] avec maturation à l'ammoniaque donne la meilleure

(6) P. CÜER et F. SIMON, *Proceedings of R. P. S. Centenary Conference*, Londres, 1953, published by R. P. S., p. 48.

sensibilité; la méthode que nous avons mise au point donne le grain le plus fin mais avec une sensibilité initiale moindre. Des essais de sensibilisation physicochimiques seront exposés dans un autre article.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Sur la réaction* $^{18}O(\alpha, n)^{21}Ne$. Note (*) de MM. **Radha Raman Roy, Alphonse Lagasse, Mlle Marie-Louise Goes** et M. **René Moerman**, transmise par M. Émile Henriot.

La réaction $^{18}O(\alpha, n)^{21}Ne$ a été étudiée à l'aide d'un compteur de neutrons au BF_3 enrichi en ^{10}B. La courbe d'excitation de cette réaction est donnée.

La réaction $^{18}O(\alpha, n)^{21}Ne$, a été peu étudiée. Les seules données publiées sur ce sujet, sont dues à J. H. Roberts (1). Il a étudié le rendement de la réaction en neutrons, en bombardant une cible épaisse de ^{18}O par des particules α de 5,3 MeV. Il a observé 29 neutrons pour 10^6 particules α.

Nous avons étudié, pour cette réaction, l'émission de neutrons en fonction de l'énergie des particules α incidentes. Ces particules étaient issues d'une source de 50 mC de Po. Nous en avons fait varier l'énergie par deux moyens : *a.* en faisant varier la distance source-cible ; *b.* en plaçant des écrans absorbants sur le trajet des particules α, la distance source-cible restant constante.

Les écrans absorbants utilisés étaient formés de feuilles de collodion d'épaisseurs diverses. Nous avons mesuré la perte d'énergie des particules α pour chaque écran.

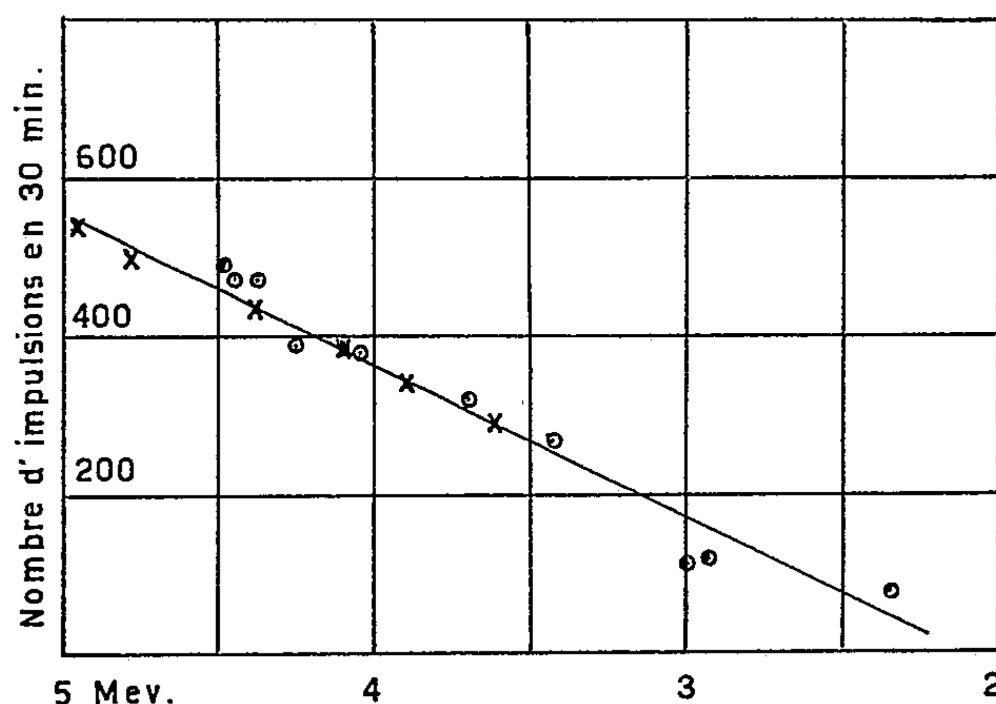
La cible épaisse constituée d'eau enrichie en ^{18}O, était contenue dans un récipient de forme appropriée fait de méthacrylate de méthyle. Les neutrons issus de la réaction étaient ralentis par de la paraffine. Nous avons observé expérimentalement que le plus grand nombre de neutrons détectés par le compteur était obtenu quand celui-ci était entouré d'un cylindre de paraffine de 4 cm d'épaisseur.

Le circuit de détection comprenait un compteur au BF_3 enrichi à 96 % de ^{10}B, placé à l'intérieur du cylindre de paraffine. Ce compteur était alimenté par une batterie de piles sèches, de 2 500 V, qui assurait son fonctionnement dans la zone proportionnelle. Un préamplificateur et un amplificateur linéaire présentant un gain total maximum de 24 000, donnait aux impulsions détectées la forme et l'amplitude requises pour le déclenchement d'un numérateur électronique décimal. Ce numérateur, précédé d'un discriminateur d'amplitude, n'enregistrait que les impulsions de niveau supérieur au niveau maximun observé pour les radiations parasites : γ, β et cosmiques. Seules les particules α issues de la réaction des neutrons lents avec l'élément ^{10}B étaient ainsi enregistrées.

(*) Séance du 21 novembre 1955.

(1) *M. D. D. C.*, 731, 1944.

Le taux de comptage spontané de l'installation a été mesuré en plaçant de l'eau distillée ordinaire dans le récipient de méthacrylate de méthyle et en la bombardant par des particules α d'énergies différentes. Les mesures ont ensuite été effectuées en remplaçant l'eau distillée par de l'eau enrichie en isotope ^{18}O. Nous espérions compenser ainsi l'effet des neutrons pouvant être produits par la réaction ^{17}O (α, n) ^{20}Ne. Mais de toute façon, l'effet produit par cette réaction secondaire peut être considéré comme négligeable, l'eau enrichie utilisée contenant vingt fois plus de ^{18}O que de ^{17}O.



La variation du nombre de neutrons émis en fonction de l'énergie des particules α incidentes a été enregistrée sur le graphique ci-dessus. Chaque point représente la moyenne d'une série de mesures, desquelles nous avons déduit les taux de comptages spontanés correspondants. Les mesures obtenues, tant par la méthode où la distance source-cible a été variée (○), que celles obtenues par la méthode où la distance source-cible était maintenue constante (×), ont été portées sur le même graphique. Les séries de mesures obtenues par les deux méthodes se placent bien sur la même courbe. La variation régulière de la pente de la courbe représentant l'intensité de l'émission de neutrons en fonction de l'énergie des particules α incidentes montre l'absence de tout phénomène de résonance.

ÉLECTROCHIMIE. — *Tensions de décomposition de solutions d'oxydes dans la cryolithe fondue.* Note de M. **Pierre Mergault**, présentée par M. Eugène Darmois.

Je donne ci-dessous quelques résultats nouveaux établis suivant une méthode déjà décrite [1] et [2], et qui concernent les solutions cryolithiques d'oxydes de lanthane et thorium d'une part, et d'autre part les oxydes de manganèse, fer, cobalt, nickel. Une application de ces résultats est faite à l'étude de l'électrolyse d'oxydes composés, de titane et fer dans l'illménite, de chrome et de fer dans la chromite.

Dans deux précédentes Notes ([1]) et ([2]), j'ai décrit la méthode expérimentale et j'ai donné la tension de décomposition des solutions de BeO, MgO, CaO, SrO, BaO, qui est la même que celle d'une solution d'Al_2O_3 dans la cryolithe fondue, à savoir $1,07 \pm 0,01$ V à 1020° C pour une concentration de 1/4 équivalent -gramme dans 160 g de cryolithe, avec des conditions expérimentales bien déterminées.

Les solutions cryolithiques d'oxydes de lanthane, et de thorium ont encore, dans les mêmes conditions la même tension de décomposition, et le dépôt cathodique obtenu est toujours de l'aluminium.

M. Rolin avait déjà montré ([3]) que l'électrolyse des solutions de Fe_2O_3 dans la cryolithe, donne un dépôt cathodique de fer métal, et que celle des solutions de Co_2O_3 donne du cobalt métal. J'ai constaté de même que l'électrolyse de solutions cryolithiques de Cr_2O_3, d'oxydes de manganèse, de FeO, Fe_3O_4, Co_3O_4, NiO, libère, à la cathode, le métal engagé dans l'oxyde correspondant. La dissolution des oxydes de manganèse dans la cryolithe, qu'il s'agisse de pyrolusite, de romanéchite, d'haussmannite qui sont les oxydes naturels que j'ai utilisés dans ces expériences, ou de MnO, MnO_2, Mn_3O_4 chimiques, s'effectue toujours en s'accompagnant d'un dégagement gazeux que je n'ai pu identifier. Une fois l'oxyde dissous, et si la concentration est suffisante (par exemple supérieure à 0,1 M), le graphite du creuset contenant la solution peut réduire l'oxyde dissous : après refroidissement du bain, dans ce cas, on trouve au contact creuset-solution, une pellicule métallique, une sorte de tôle très fine qui s'est formée. Il est remarquable que cette réduction ne se produise que si la concentration en oxyde est assez forte (par exemple 0,1 M). Ce même phénomène se produit encore avec les oxydes de fer, de cobalt et de nickel. Pour ce dernier, la réduction a lieu quelle que soit la concentration de la solution comme M. Rolin l'avait déjà constaté ([3]). Dans les électrolyses dont il a été question dans ([1]) et ([2]), la cathode est en graphite. Il en résulte que lorsqu'on introduit dans une solution d'oxyde susceptible d'être réduit par le graphite, la cathode centrale en graphite, la réduction de l'oxyde dissous se produit aussi bien sur la future anode (creuset) que sur la future cathode (manchon en graphite disposé autour du protège-couple en acier inoxydable). Il s'agit dès lors, pour que les mesures de tension de décomposition faites dans ces conditions, aient un sens, de mettre en marche l'électrolyse juste au début de cette réduction, de façon que l'électrolyse soit le phénomène prépondérant. On constate qu'il en est bien ainsi par le fait que les tensions de décomposition mesurées sont en général diffé-

([1]) P. Mergault, *Comptes rendus*, **240**, 1955, p. 765.

([2]) *Comptes rendus*, **240**, 1955, p. 864.

([3]) M. Rolin, *Thèse*, Paris, 1950.

rentes de O, et de plus positives. On trouve de cette façon, que les tensions de décompositions sont pour les solutions de :

Oxydes de manganèse	0,81 ± 0,01 V
» de fer	0,23 ± 0,03 V
» de cobalt	0,14 ± 0,03 V
» de nickel	0,00 V

Ces valeurs ne dépendent que du métal engagé dans l'oxyde considéré, et non de la valence du métal dans cet oxyde.

On peut alors ébaucher une classification électrochimique des métaux étudiés jusqu'ici, à 1020° C dans la cryolithe fondue. On aura ainsi :

1° Les métaux plus électropositifs que l'aluminium, qui sont : Be, Mg, Ca, Sr, Ba, La, Th. L'électrolyse de solutions cryolithiques d'oxydes de ces métaux libère, à la cathode, de l'aluminium et non le métal de l'oxyde. La tension de décomposition de ces solutions est la même que celle d'une solution d'alumine. La méthode ne permet donc pas, pour ces métaux, de les classer les uns par rapport aux autres.

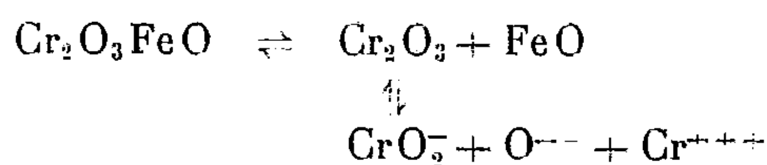
2° L'aluminium.

3° Les métaux moins électropositifs que l'aluminium et dans l'ordre décroissant :

Al	Mn	Cr	Fe	Co	Ni
1,07	0,81	0,75	0,20	0,14	0,00

J'ai pensé à appliquer ces résultats à l'électrolyse de minerais naturels plus complexes, et j'ai mesuré la tension de décomposition de solutions cryolithiques d'illménite et de sable illménité : cette tension de décomposition est la même que celle des solutions d'oxydes de fer, et l'électrolyse de ces solutions donne du fer métallique à la cathode. C'est là un moyen de séparer le fer du titane dans l'illménite, ou le fer du titane et du silicium dans le cas du sable illménité.

J'ai aussi essayé l'électrolyse de la chromite naturelle. J'ai dit à propos de la cryoscopie de ce minéral ([1]), que la scission probable de la molécule en solution cryolithique était :



$$Cr_2O_3FeO \rightleftharpoons Cr_2O_3 + FeO$$
$$\Updownarrow$$
$$CrO_2^- + O^{--} + Cr^{+++}$$

L'électrolyse confirme parfaitement cette théorie : le dépôt cathodique obtenu est du chrome métallique, et la tension de décomposition de la solution est la même que celle d'une solution de Cr_2O_3. Pourtant, l'électrolyse d'une solution de FeO seul, donne du fer à la cathode : reste à

([1]) P. Mergault, *Comptes rendus*, 237, 1953, p. 485.

savoir si cette solution contient bien du FeO, et ne contient que cet oxyde. Il semble alors que le FeO de la chromite serait protégé dans celle-ci lors de la dissolution dans la cryolithe, alors que FeO seul serait oxydé avant d'être dissous. La cryoscopie a montré que FeO n'était pas dissocié en solution dans la cryolithe ([3]). Le schéma de dissociation ci-dessus est alors parfaitement justifié par l'électrolyse puisqu'on obtient du chrome dans cette électrolyse, et que la tension de décomposition des solutions d'oxyde de chrome est plus élevée que celle des solutions d'oxydes de fer : le fer de la chromite ne participe pas à l'électrolyse, tout au moins dans le début de celle-ci. Comme dans le cas de l'illménite, l'électrolyse de la chromite constitue aussi un procédé de séparation du fer et du chrome qui s'y trouvent.

MÉTALLOGRAPHIE. — *Sur l'apparition de microstructures superficielles dans les alliages fer-chrome soumis à une réaction d'oxydation sélective*. Note (*) de MM. **Jean Moreau** et **Jacques Bénard**, présentée par M. Albert Portevin.

Nous avons analysé dans des publications antérieures ([1]), ([2]) le mécanisme de l'oxydation sélective du chrome dans les alliages nickel-chrome en présence de mélanges d'hydrogène et de vapeur d'eau. Rappelons que dans certaines conditions de température et de composition de la phase gazeuse, nous observions un processus d'oxydation par germination, suivi ou non d'une coalescence de l'oxyde. Simultanément la surface de l'alliage subissait une réorganisation qui faisait apparaître une microstructure superficielle en relation avec la symétrie du réseau cristallin. Dans le but de déterminer dans quelle mesure ces observations, ainsi que les explications que nous en avions fourni pouvaient être généralisées, nous avons effectué une étude analogue sur les alliages fer-chrome.

L'étude porte sur une gamme d'alliages binaires spécialement préparés à cet effet au four à induction et dont les compositions s'échelonnent de 2,6 à 45 % Cr. Les techniques mises en œuvre sont identiques à celles du travail précité : préparation de la surface par polissage électrolytique, oxydation par les mélanges H_2—H_2O de composition appropriée entre 1000° et 1250°, examen de la surface par microscopie ordinaire et microscopie électronique ([3]), identification de l'oxyde par diffraction électronique.

Nous prendrons comme exemple l'oxydation à 1200° d'un alliage

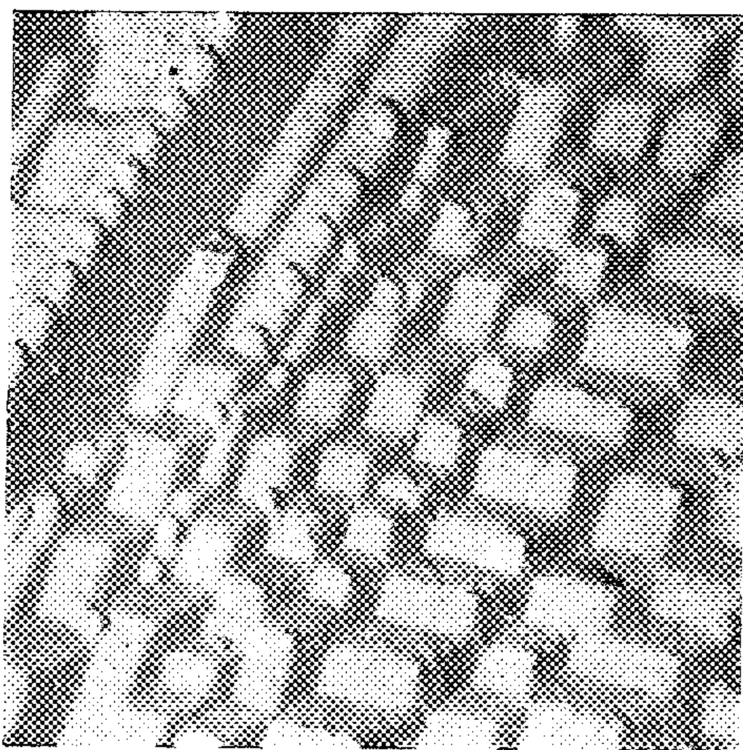
(*) Séance du 21 novembre 1955.

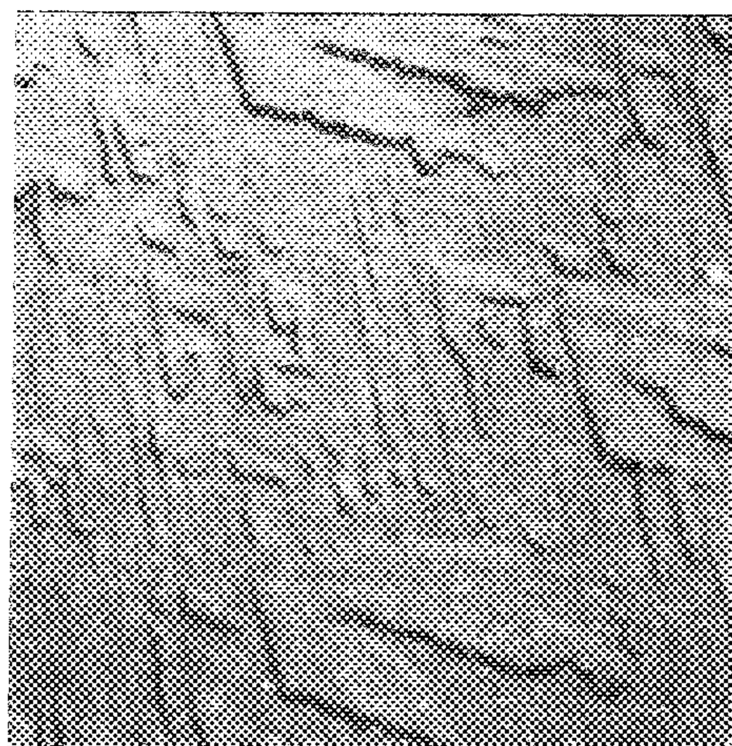
([1]) J. Moreau et J. Bénard, *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 1659.

([2]) J. Moreau et J. Bénard, *J. Inst. Metals*, 83, 1954, p. 87.

([3]) Les examens en microscopie électronique sont dus à M. J. Plateau.

à 18 % Cr. Lorsque le rapport pH_2O/pH_2 est égal à 1.10^{-2} l'alliage se recouvre très rapidement d'une couche continue d'oxyde Cr_2O_3. Lorsque ce rapport devient égal à 5.10^{-3}, l'oxyde se développe en îlots discontinus répartis sur une surface striée analogue à celle que nous avons décrite à propos des alliages nickel-chrome. Pour des pressions partielles de vapeur d'eau inférieures ($pH_2O/pH_2 \sim 1.10^{-3}$) les îlots d'oxyde disparaissent et seule la présence des stries à la surface du métal témoigne encore d'une influence de l'atmosphère sur celle-ci. Lorsque pH_2O/pH_2 atteint 5.10^{-4}, les stries disparaissent à leur tour et la surface présente un aspect spéculaire. Le passage de l'état strié à l'état spéculaire est réversible et il est possible de déterminer avec une bonne précision la valeur du rapport pH_2O/pH_2 pour laquelle il s'observe. Cette valeur varie en fonction de la température et de la composition de l'alliage.


Fig. 1.


Fig. 2.

L'examen au microscope électronique des surfaces traitées dans ces conditions montre que la dimension moyenne des stries varie beaucoup avec la température, la durée du traitement, et l'orientation des arêtes et des facettes sur chaque cristal (*fig.* 1 ; × 20 000). Celles-ci correspondent le plus souvent, aux plans de densité atomique élevée du métal, en particulier (211), (110) et (100). On remarque en outre sur la figure 1, la présence de sphérules localisées aux points anguleux de la surface; il s'agit d'un phénomène de corrosion qui se produit au cours du refroidissement et qui peut être supprimé en opérant le refroidissement des échantillons dans le vide.

Lorsqu'on suit au microscope électronique la genèse des stries en examinant des surfaces soumises à des traitements oxydants de durées croissantes, on voit apparaître, dès les premiers instants de la réaction,

des plages en léger relief dont les contours présentent déjà des directions privilégiées (*fig.* 2; × 20 000). Lorsque la réaction se poursuit, ces plages tendent à recouvrir l'ensemble de la surface; simultanément leur relief s'accuse jusqu'à donner naissance aux aspects striés qui viennent d'être décrits.

Le traitement des alliages fer-chrome dans des atmosphères H_2/H_2O à faible concentration en vapeur d'eau conduit donc à la formation de reliefs microgéométriques comme dans le cas des alliages nickel-chrome. Pour ces derniers nous avions attribué ce phénomène à un abaissement important de l'énergie superficielle du métal, consécutif à la formation d'un film invisible d'oxyde à sa surface. L'extension de cette interprétation au système fer-chrome semblerait exiger que l'apparition des stries soit subordonnée à la formation d'un film d'oxyde superficiel. En fait, la pression partielle de la vapeur d'eau correspondant à la disparition réversible des stries se situe toujours nettement au-dessous de celle qui correspond à l'équilibre de la réaction $2Cr + 3H_2O \rightleftharpoons Cr_2O_3 + 3H_2$. Il en résulte que pour toutes les pressions partielles de vapeur d'eau comprises entre ces deux valeurs, le métal présente un profil strié en l'absence de tout film d'oxyde. Cette apparente contradiction disparaît si l'on admet que dans ce domaine de pH_2O la surface du métal est recouverte d'une couche d'oxygène adsorbé qui exerce sur sa tension superficielle la même influence qu'un film invisible d'oxyde.

A l'appui de cette interprétation s'inscrivent les observations récentes de Funk, Udin et Wulff ([4]) établissant l'influence considérable d'un film adsorbé d'oxygène sur l'énergie superficielle de l'argent à 800°. C'est également à cette influence que doivent être attribuées vraisemblablement les modifications de structure superficielle dont certains métaux [tungstène ([5]), argent ([6]), platine ([7])] sont le siège lorsqu'ils sont portés aux températures élevées dans des atmosphères renfermant un agent oxydant.

MÉTALLOGRAPHIE. — *Rôle de la porosité de l'acier moulé dans la ségrégation de l'hydrogène*. Note (*) de MM. **Jean Drain** et **Paul Bastien**, présentée par M. Albert Portevin.

Des études antérieures ([1]), ([2]), ainsi que nos propres observations,

---

([4]) E. R. Funk, H. Udin et J. Wulff, *J. Metals*, 3, 1951, p. 1206.
([5]) R. P. Johnson, *Phys. Rev.*, 54, 1938, p. 459.
([6]) B. Chalmers, R. King et R. Shuttleworth, *Proc. Roy. Soc.*, A 193, 1948, p. 465.
([7]) G. Garton et J. Turkevich, *J. Chim. Phys.*, 51, 1954, p. 516.

(*) Séance du 21 novembre 1955.
([1]) Hobson et Sykes, *J. Iron and Steel Institute*, 170, 1952, p. 118-122.
([2]) Dr Piper, étude non publiée.

conduisent à la conclusion que, dans le lingot d'acier, une ségrégation importante de l'hydrogène, définie par le rapport de la teneur en hydrogène de l'échantillon à la teneur en ce gaz de la coulée [3] peut avoir lieu.

Nous avons cherché à relier la teneur en hydrogène à la porosité du métal, définie par sa densité apparente, sur des échantillons prélevés en divers points de quatre lingotins d'acier à 0,4 % de carbone, d'un poids de 50 kg, élaborés au four électrique à arc à sole basique.

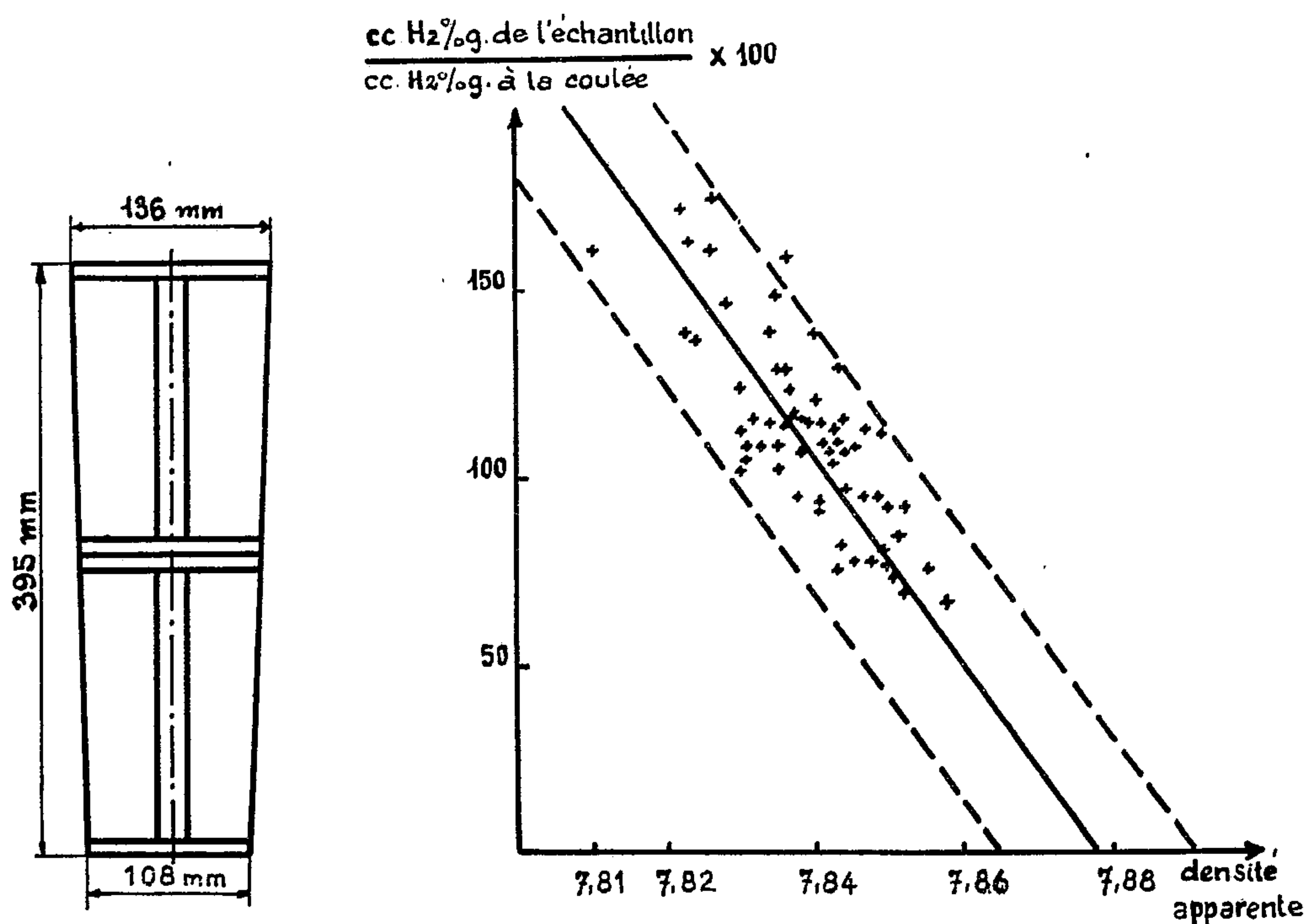


Fig. 1. Fig. 2.

Les lingotins ont été découpés, suivant le schéma de la figure 1, respectivement 15, 45, 58 et 110 jours après la coulée et des dosages, en divers points des prélèvements, ont été effectués par extraction sous vide à 600° C pendant 1 h. La mesure de la densité apparente des échantillons préalablement dégazés à 600° a été faite, par la méthode de la balance hydrostatique, avec une précision, définie par un double écart quadratique moyen calculé sur 20 déterminations égal à $\pm$ 0,008 pour une densité apparente moyenne de 7,82 g/cm^3.

Nous avons constaté : 1° une augmentation progressive de la teneur en hydrogène se manifestant dans tous les cas en allant de la surface externe vers le centre du lingot; 2° une ségrégation très nette de l'hydro-

(3) Déterminée par la méthode du crayon entaillé.

gène, sur l'axe de trois des lingotins atteignant respectivement 18 et 10 cm^3 par 100 g d'hydrogène (pour une teneur de l'acier à la coulée de l'ordre de 6 cm^3 par 100 g), en des régions à densités apparentes relativement faibles de 7,80 et 7,82; 3° une constance de la teneur en hydrogène (7 cm^3 par 100 g) et de la densité apparente (7,86) pour le quatrième lingotin.

Ceci nous a conduits à rechercher si l'on peut trouver une droite de corrélation entre le rapport (teneur en hydrogène de l'échantillon/teneur en hydrogène de la coulée) × 100 et la densité apparente. Le calcul statistique a permis de vérifier, par utilisation du test F, la valeur hautement significative d'une telle corrélation : pour des échantillons prélevés sur un même lingotin d'acier, *la teneur en hydrogène est donc inversement proportionnelle à la densité apparente* (*fig.* 2).

La conjugaison des deux méthodes d'investigation précédemment définies montre sans ambiguïté que la ségrégation de l'hydrogène, indépendante du temps séparant la coulée du découpage des échantillons d'essai, est en relation étroite avec la porosité de la zone axiale des lingotins. Les microcavités de cette région recueillent, sous pression élevée, une partie importante de l'hydrogène du métal et le gaz ainsi ségrégé dans ces cavités, où il prend l'état moléculaire, se trouve ensuite dans l'impossibilité de diffuser, à la température ordinaire.

CHIMIE GÉNÉRALE. — *Schéma des transformations thermiques des hydrates d'alumine*. Note (*) de MM. **Robert Tertian** et **Denis Papée**, présentée par M. Paul Pascal.

Les alumines de transition sont les modifications, à faible teneur en eau de constitution, intermédiaires entre les hydroxydes d'aluminium et la forme anhydre stable, α-Al_2O_3, atteinte au terme de leur déshydratation. Elles se présentent en plusieurs séquences fonctions de l'hydrate de départ ([1]), ([2]), mais qui peuvent être également modifiées par les conditions expérimentales d'élimination de la vapeur d'eau, notamment la pression et la vitesse de déshydratation ([3]), ([4]); enfin les phénomènes, dans le cas des trihydrates, peuvent être compliqués lorsque la taille des cristaux initiaux dépasse quelques microns ([5]), ([3]).

(*) Séance du 21 novembre 1955.

([1]) Stumpf, Russell, Newsome et Tucker, *Ind. Eng. Chem.*, 42, 1950, p. 1398.

([2]) Thibon, Charrier et Tertian, *Bull. Soc. Chim.*, 18, 1951, p. 384.

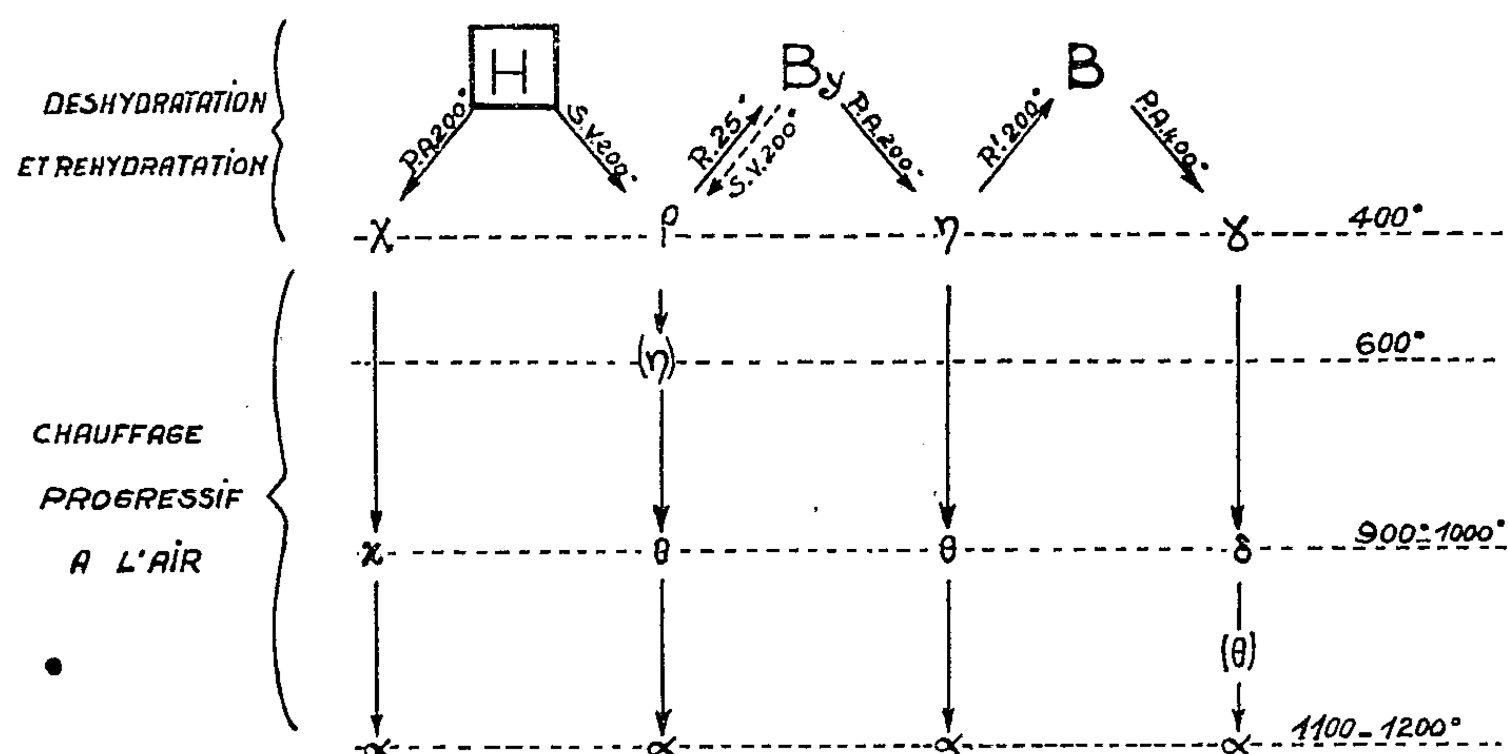
([3]) R. Tertian, D. Papée et J. Charrier, *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 98.

([4]) Papée, Charrier, Tertian et Houssemaine, Communication au Congrès de l'Aluminium, Paris, juin 1954.

([5]) R. Tertian et D. Papée, *Comptes rendus*, 236, 1953, p. 1565.

Grâce à la connaissance de ces facteurs, nous pouvons maintenant dresser un schéma cohérent des transformations thermiques des hydrates d'alumine et, du même coup, rendre compte de certaines divergences d'interprétation qui ont pu apparaître entre laboratoires différents.

Cette contribution est principalement basée sur les expériences suivantes. Nous avons réussi, en combinant les propriétés de déshydratation avec celles, décrites par ailleurs ([6]), ([4]), ([7]), de réhydratation de l'alumine, *à préparer la totalité des hydrates et alumines de transition au départ d'un échantillon unique* d'hydrargillite fine (1 μ). Ces préparations sont résumées par le tableau ci-après.



B, $Al_2O_3H_2O$ α-monohydrate (boehmite);
H, $Al_2O_33H_2O$ α-trihydrate (hydrargillite);
By, $Al_2O_33H_2O$ β-trihydrate (bayerite).

Alumines de transition : χ, η, γ, κ, θ, δ (notation Alcoa) et ρ (notation Pechiney);

P. A., déshydratation lente, à la pression atmosphérique;
S. V., » » sous vide poussé (10^{-2} mm Hg);
R, réhydratation par l'eau liquide à 25°;
R', » » » sous pression à 200°.

Pour la clarté du schéma nous n'avons fait figurer qu'un seul mode de préparation de la boehmite. En fait, celle-ci peut être obtenue par traitement à l'autoclave des autres hydroxydes (hydrargillite et bayerite) ainsi que de toutes les alumines de transition préparées à température modérée χ, η, γ, ρ).

Le schéma des préparations illustre le rôle particulier de l'alumine ρ, qui peut être obtenue par déshydratation sous vide aussi bien au départ

([6]) D. Papée et R. Tertian, *Comptes rendus*, 236, 1953, p. 1668.
([7]) Papée et Tertian, *Bull. Soc. Chim.*, 1955, p. 983.

de bayerite que d'hydrargillite. La validité de l'alumine ρ comme nouvelle phase de transition se trouve donc pleinement confirmée.

Ce schéma des transformations thermiques présente un intérêt multiple :

1° Il confirme que les alumines de transition doivent être considérées comme des variations polymorphiques de l'alumine, en excluant les objections qui ont trait au rôle possible des impuretés des produits de départ, ou encore à des contaminations en cours d'expérience.

2° Il justifie le nombre et le choix des formes adoptées comme types en précisant leurs domaines d'existence et leurs relations mutuelles. Notons que les séquences obtenues ici sont simples et conduisent à des phases « pures ». Les diagrammes de diffraction de rayons X sont plus simples que les diagrammes usuels, chacun d'eux correspondant strictement à une phase homogène et permettant de la caractériser sans ambiguïté.

3° Il est évident que deux termes d'une suite donnée, comme χ et ϰ par exemple, peuvent être séparés par une gamme quasi-continue d'états intermédiaires, sans qu'il y ait à proprement parler mélange de phases. Par contre, si l'on exclut le cas particulier de l'alumine ρ, obtenue seulement sous vide, on notera que les autres séquences au départ de χ, η et γ sont indépendantes et caractéristiques pour chacun des hydrates.

4° Ces résultats simples contrastent avec ceux obtenus dans la décomposition ordinaire d'hydrates à grands cristaux (quelques microns à quelques dizaines de microns) et qui sont compliqués, dans le cas des trihydrates, par une transformation partielle en boehmite au début de la déshydratation ([4]), ([7]). On est alors conduit effectivement à des mélanges de phases, la séquence des produits de dégradation de la boehmite se juxtaposant à la séquence normale indiquée ci-dessus.

La connaissance des règles qui viennent d'être énoncées, ainsi que des diagrammes de diffraction des phases pures, permet donc de résoudre sans ambiguïté les problèmes apparemment complexes des transformations thermiques des hydrates d'alumine.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur les propriétés du ferrite de lithium* $FeLiO_2$. Note de M. **Robert Collongues**, présentée par M. Georges Chaudron.

Le ferrite de lithium $FeLiO_2$, préparé à des températures supérieures à 700° et refroidi rapidement possède une structure cubique à faces centrées du type chlorure de sodium (*fig.* 1 *a*) ([1]), ([2]). Les ions Fe^{+++} et Li^{+} sont répartis de façon désordonnée; le paramètre est $a = 4,138$ Å. Par chauffage

([1]) E. Posnjak et T. Barth, *Phys. Rev.*, 38, 1931, p. 2234.

([2]) R. Collongues et G. Chaudron, *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 143.

de ce produit à des températures inférieures à 670°, on observe l'établissement d'un ordre dans la répartition des cations.

Nous nous sommes proposés d'étudier cette transformation du ferrite à différentes températures :

a. Par chauffage du ferrite désordonné à des températures comprises entre 600 et 670°, on note la formation d'une structure quadratique (Q_1) de paramètres : $a = b = 4{,}04$ Å; $c = 2c' = 8{,}68$ Å. La répartition des ions Fe^{+++} et Li^+ dans cette structure est celle des cations de la chalcopyrite $CuFeS_2$ (3), (4).

b. Par chauffage du ferrite désordonné à des températures inférieures à 400°, on observe l'apparition progressive d'une structure quadratique (Q_2),

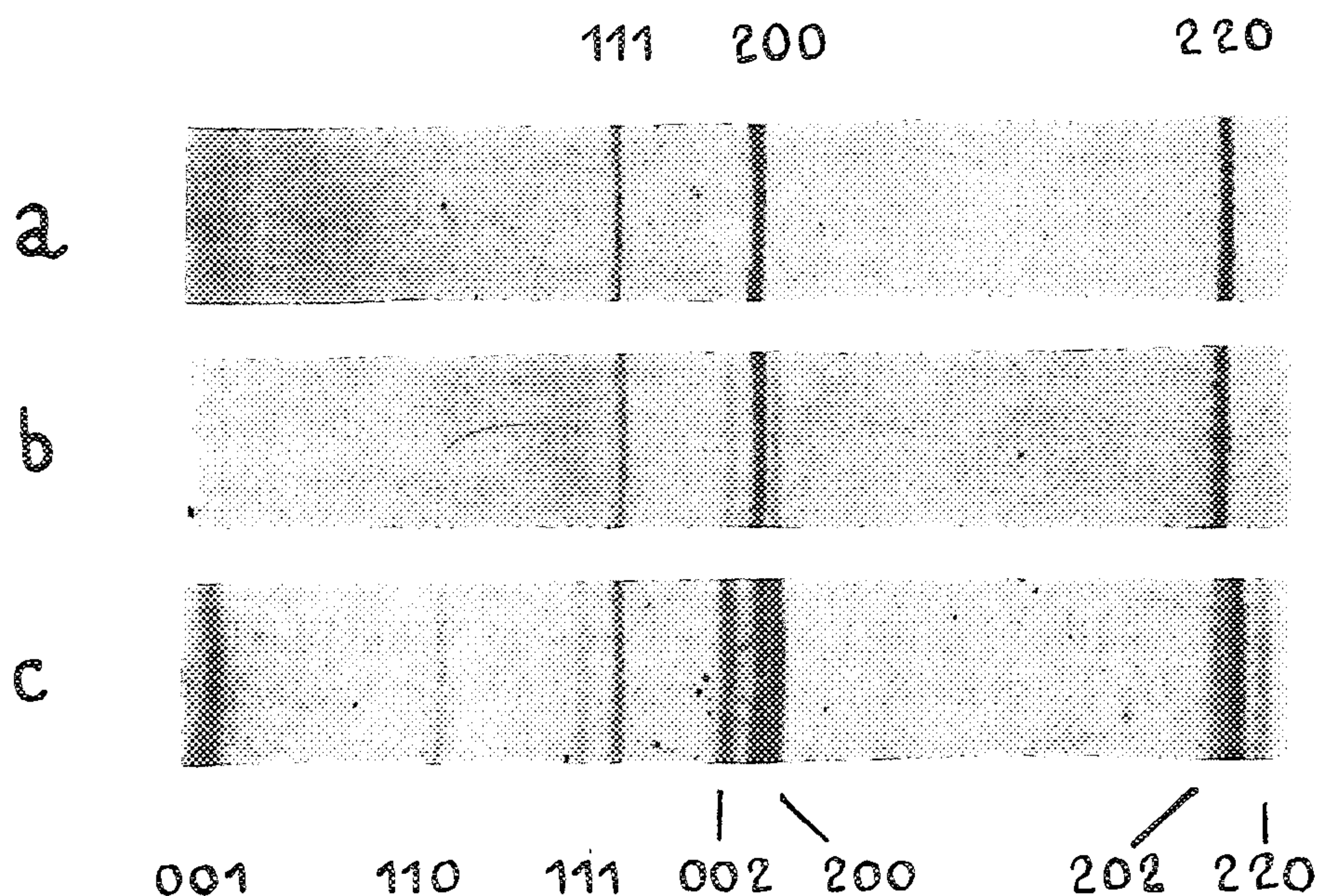


Fig. 1. — Diagrammes du ferrite de lithium Fe Li O_2 (rayonnement monochromatique $\lambda_{K_\alpha Cu}$).
a. Trempé depuis 800°; *b*. Chauffé 40 h à 400°; *c*. Chauffé 25 jours à 400°.

différente de la première (*fig.* 1 *b* et *c*). Ses paramètres sont : $a = b = 4{,}07$ Å, $c = 4{,}28$ Å. Le diagramme de cette nouvelle forme du ferrite se distingue du diagramme de la forme (Q_1) par les points suivants :

1° L'extinction de l'interférence (101) intense dans le diagramme de (Q_1);

2° L'apparition d'une interférence très intense correspondant aux plans (001) de (Q_2). Ce fait indique l'existence dans la forme (Q_2) de plans (00*l*) alternés d'ions Fe^{+++} et Li^+, alors que tous les plans (00*l*) de la forme (Q_1) sont identiques. La nouvelle structure mise en évidence serait donc une structure ordonnée du type AuCu.

(3) BARBLAN, BRANDENBERGER et NIGGLI, *Helv. Chim. Acta.*, 27, 1944, p. 88.

(4) P. BRAUN, *Nature*, 170, 1952, p. 1123.

c. Par chauffage du ferrite désordonné à des températures intermédiaires, à 500° par exemple, la forme (Q_2) apparaît tout d'abord, puis se transforme progressivement au cours du chauffage en donnant la forme (Q_1). Après 25 jours de chauffage à 500°, elle a presque totalement disparu.

L'examen des diagrammes de rayons X montre que la phase ordonnée possède, dès son apparition, sa structure définitive : en prolongeant le chauffage, on n'observe en effet aucun déplacement des raies (*fig.* 1 *b* et *c*). Il semble que la formation de la structure ordonnée du ferrite de lithium puisse être assimilée à la précipitation d'une phase nouvelle, comme cela a été constaté dans plusieurs systèmes d'alliages ([5]). Ce fait est confirmé par l'examen micrographique de l'échantillon qui indique de plus l'existence de relations d'orientation très précises entre la forme ordonnée et la forme désordonnée. Les deux formes du ferrite possèdent vraisemblablement des compositions légèrement différentes.

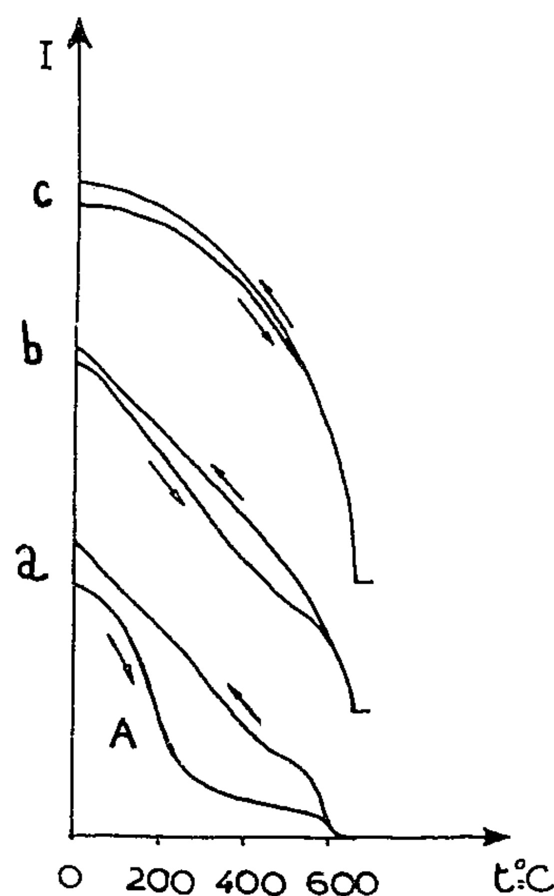


Fig. 2. — Courbes d'analyse thermomagnétique du ferrite de lithium $FeLiO_2$ après un traitement d'hydrolyse de 5 jours (*a*, *b*, *c* . cycles successifs) :

La nouvelle structure ordonnée mise en évidence apparaît en particulier au cours de l'hydrolyse dans l'eau bouillante du ferrite $FeLiO_2$. Le diagramme du ferrite hydrolysé pendant 5 jours présente aussi un autre système de raies extrêmement diffuses. De plus, le produit initialement paramagnétique est devenu nettement ferromagnétique. La courbe d'analyse thermomagnétique indique une forte baisse de l'aimantation vers 300° (anomalie irréversible A) (*fig.* 2 *a*) et un point de Curie à 620° qui est celui du ferrite Fe_5LiO_8. Celui-ci se forme en quantités de plus en plus importantes au cours des cycles successifs *fig.* 2 *b* et 2 *c*).

([5]) NEWKIRK et SMOLUCHOWSKI, *J. Appl. Phys.*, **22**, 1951, p. 290.

Nous interprétons ces résultats par la formation au cours de l'hydrolyse du sesquioxyde cubique $Fe_2O_3\gamma$ faiblement stabilisé par les ions Li^+ (6). A 300°, la majeure partie de ce sesquioxyde se transforme en sesquioxyde rhombo-édrique (anomalie A). Celui-ci réagit ensuite sur le ferrite $FeLiO_2$ restant suivant la réaction



$$4\,Fe_2O_3 + Fe_2O_3,\ Li_2O \rightarrow 5\,FeO_3,\ Li_2O \quad (7)$$

qui commence vers 550° (8).

CHIMIE MINÉRALE. — *Étude micrographique de la transformation cubique → quadratique du ferrite de cuivre.* Note de M. **Isaac Behar**, présentée par M. Georges Chaudron.

Nous avons appliqué la métallographie à l'étude des ferrites. Nous avons mis en évidence l'apparition d'une « striation » au cours de la transformation cubique → quadratique qui serait due à la formation d'une phase ordonnée.

On sait depuis longtemps que le ferrite de cuivre, cubique à haute température, devient quadratique à basse température (1). Nous avons étudié cette transformation en adaptant la technique métallographique à l'étude des ferrites.

Le ferrite de cuivre a été préparé par calcination à 1000° du mélange intime des oxydes comprimés sous forme de bâtonnets.

Après trempe et polissage mécanique, le ferrite est examiné au microscope et son homogénéité contrôlée par micrographie et par diagramme de rayons X. Le ferrite reporté à 1000° a été ensuite refroidi lentement à raison de 100° par jour.

Après polissage, les grains du ferrite sont visibles en lumière polarisée, et, par attaque à l'acide chlorhydrique (5%) à l'ébullition pendant 30 s; on met en évidence l'existence de bandes parallèles dont l'orientation varie d'un cristal à l'autre.

On observe sur la figure des bandes qui font entre elles des angles de 90 et de 45°. Il est donc vraisemblable que ces stries sont parallèles aux plans (110) du système cubique de départ, l'orientation du cristal examiné étant parallèle au plan (100).

Rappelons que dans de nombreux alliages métalliques [cuivre-or (2), (3),

(6) A. Michel, *Thèse*, Paris, 1937.
(7) Hoffmann, *Die Naturw.*, 26, 1938, p. 431.
(8) R. Collongues, *Thèse*, Paris, 1954.

(1) Snoek, *Rev. Techn. Philips*, 8, 1946, p. 359.
(2) Harker, *Trans. Amer. Soc. Metals*, 32, 1944, p. 210.
(3) G. C. Kuczynski, R. F. Hochman et M. Doyama, *J. Appl. Phys.*, 26, 1955, p. 871.

cuivre-beryllium ([4])], l'établissement du phénomène d'ordre dans ces systèmes peut être mis en évidence métallographiquement par suite de l'apparition d'une « striation ». Les stries dans les deux cas cités sont parallèles aux plans (110).

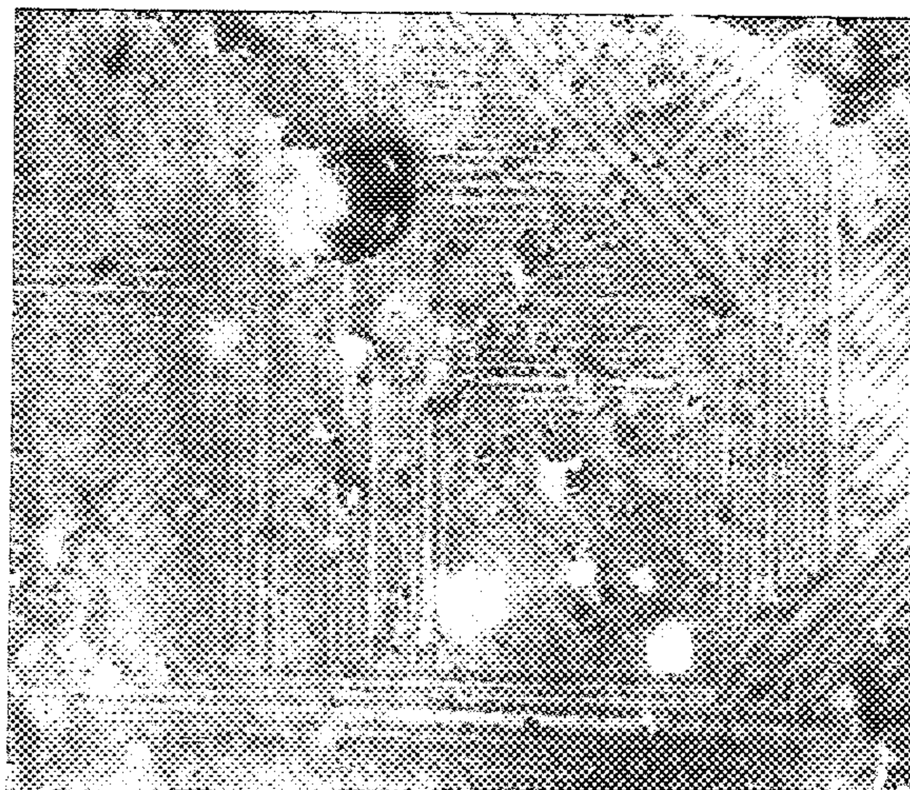


Fig. — Aspect strié produit par la transformation cubique → quadratique du ferrite de cuivre. G = 700.

On suppose depuis longtemps que la transformation cubique → quadratique du ferrite de cuivre est produite par l'établissement d'un ordre ([5]). Cependant, l'absence de raies de surstructure ne permet pas de l'affirmer. L'existence des stries que nous avons mis en évidence vient appuyer cette hypothèse.

Nous pensons poursuivre l'étude de la transformation cubique → quadratique du ferrite de cuivre.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Recherches sur la catalyse de l'action déshydrogénante du soufre par les ions sulfures.* Note (*) de M. ALBERT JENNEN, présentée par M. Marcel Delépine.

L'auteur décrit l'action catalytique de Na_2S lors de la déshydrogénation par le soufre. Il propose une interprétation basée sur la formation de l'ion supersulfure S_2^{-}.

Nous avons montré récemment qu'à 140° le tétrasulfure de soude amorce la

([4]) A. GUINIER et P. A. JACQUET, *Revue de Métallurgie*, 41-1, 1944.

([5]) BERTAUT, *Colloque de ferromagnétisme et antiferromagnétisme*, p. 104.

(*) Séance du 21 novembre 1955.

déshydrogénation de la pipéritone en thymol ([1]). En poursuivant ces travaux, nous avons pu nous rendre compte de l'action catalytique de petites quantités de sulfure sodique lors du chauffage de tétraline, de menthone et de pipéritone avec le soufre. Dans ces conditions, le dégagement d'hydrogène sulfuré se produit à partir de 140°; en l'absence de sulfure de sodium, la réaction ne commence qu'à 180°.

L'action du sulfure se manifeste par un abaissement de la température de démarrage de la réaction et par une amélioration dans le rendement horaire.

Interprétation. — En présence de Na_2S, les liaisons S—S du soufre s'ouvrent par une scission hétérolytique provoquée par l'addition d'un ion S^{--} pour former des ions polysulfures. La réaction est réversible et son équilibre est déterminé par la température ([2]). Dans la seconde phase de la réaction, une scission homolytique des ions polysulfures provoque l'apparition de radicaux libres qui peuvent amorcer la déshydrogénation. La rupture de la liaison S_2—S des ions polysulfures paraît être favorisée par rapport aux liaisons $S—S_{3,4,5}, \ldots$ dont l'énergie de la liaison est approximativement de 64 kcal ([3]). Cette scission conduit à deux ions radicaux, que nous représentons par A et B :



$$x S_8 + S^{--} \rightleftharpoons {}^{-}S_1—S_2—S_3— \ldots —S—S^{-} \rightleftharpoons {}^{-}S_A—\dot{S} + \dot{S}_B— \ldots$$

Dans l'ion radical A, l'électron libre peut participer à une mésomérie et il est raisonnable d'admettre la structure électronique $[\,:\!\ddot{S}\cdots\ddot{S}\!:\,]^{-}$, structure, qui possède une liaison simple et une liaison à trois électrons entre les deux atomes identiques S. L'énergie supplémentaire de la liaison à trois électrons stabilise l'ion supersulfure S_2^{-} par rapport à la structure A et c'est précisément cette énergie de résonance qui agit contre l'énergie de la liaison S_2—S à un degré tel qu'elle augmente la tendance à la dissociation de cette liaison.

Exemple 1. — Dans un ballon de 250 cm^3 on introduit 80 cm^3 de pipéritone, 15,7 g de soufre et 2,5 g de $Na_2S.9H_2O$. En chauffant sous azote, le soufre et le sulfure de sodium se dissolvent et en augmentant la température — elle est portée en 10 mn de 130 à 180° — l'eau commence à distiller. Une partie de pipéritone est entraînée avec l'eau et réintroduite dans le ballon. On chauffe encore une heure à reflux. Après entraînement à la vapeur d'eau du produit de la réaction, le thymol absorbé dans 250 cm^3 de NaOH à 8 %, est séparé de la pipéritone surnageante. Le thymol peut être récupéré de la couche aqueuse par acidification et distillation sous pression réduite $\acute{E}_{10}$ 100-112°, F 49-50°; Rdt 23,15 %.

([1]) A. Jennen, XXVIIe *Congrès International de Chimie Industrielle*, Bruxelles, 1954, p. 768.

([2]) E. Krebs et E. Weber, *Z. anorg. allg. Chem.*, 272, 1953, p. 288.

([3]) L. Pauling, *The nature of the chemical bond*, Cornell University Press, Ithaca, New York, 1939.

Exemple 2. — Un mélange de 80 cm³ de pipéritone et de 15,7 g de soufre est chauffé dans les mêmes conditions que ci-dessus. Après entraînement à la vapeur d'eau, le distillat est traité comme précédemment : Rdt : 6,6 %.

Exemple 3. — Un mélange de 77 cm³ de menthone, de 32 g de soufre et de 3 g de $Na_2S.9H_2O$ est chauffé comme il est indiqué dans l'exemple n° 1 et la température est portée en 15 mn de 130 à 210°. Après 10 h de chauffage à reflux à 210° et entraînement à la vapeur d'eau, le thymol formé est isolé de la manière usuelle. Rdt 31,40 %.

Exemple 4. — Le chauffage à 210° pendant 10 h d'un mélange de 77 cm³ de menthone et 32 g de soufre, fournit un rendement en thymol de 15,4 %.

Exemple 5. — Un mélange de 87,5 cm³ de tétraline, de 41,15 g de soufre et de 3 g de $Na_2S.9H_2O$ est chauffé comme il est indiqué dans l'exemple n° 1 et la température est portée en 7 mn de 130 à 160°, ce qui occasionne la distillation d'eau et d'un peu de tétraline. Après 15 h de chauffage à 160° et entraînement à la vapeur d'eau le distillat, composé principalement de naphtalène et de tétraline non transformée, est refroidi à —8°. Le naphtalène cristallisé est essoré rapidement et pesé : F 79-80°; Rdt 9,23 %.

Exemple 6. — Le chauffage à 200° d'un mélange similaire pendant 1 h — la température est portée en 12 mn de 130 à 200° — fournit un rendement en naphtalène de 32,07 %.

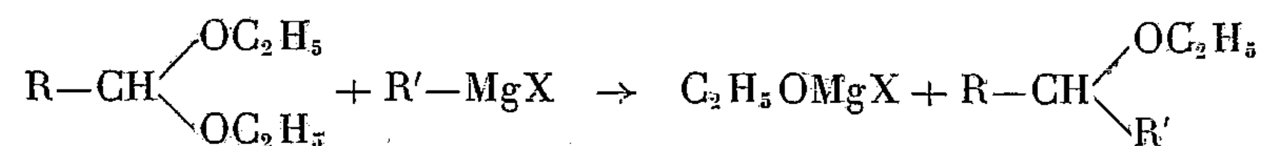
Exemple 7. — Un mélange de 87,5 cm³ de tétraline et de 41,15 g de soufre est chauffé pendant 15 h à 160°. Par refroidissement, le distillat ne donne pas lieu à une cristallisation de naphtalène.

Exemple 8. — Le chauffage à 200° pendant 1 h du mélange précédent dans les mêmes conditions que l'exemple n° 6 fournit un rendement en naphtalène de 9,25 %.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action des organomagnésiens sur les* N-*benzylidène aminoacétals*. Note de MM. **Raymond Quelet, Joseph Hoch** et Mlle **Nicole Vinot**, présentée par M. Marcel Delépine.

Dans l'action du N-benzylidène aminoacétal sur les organomagnésiens, seule la fonction imine intervient en donnant lieu à une réaction d'addition. On obtient ainsi, dans de bonnes conditions, des benzylaminoacétals α-substitués.

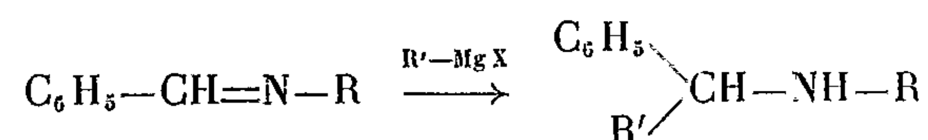
On sait que la fonction acétal est susceptible de donner avec les organomagnésiens une réaction de substitution conduisant à des éthers-oxydes (¹) :



$$R-CH(OC_2H_5)_2 + R'-MgX \rightarrow C_2H_5OMgX + R-CH(OC_2H_5)R'$$

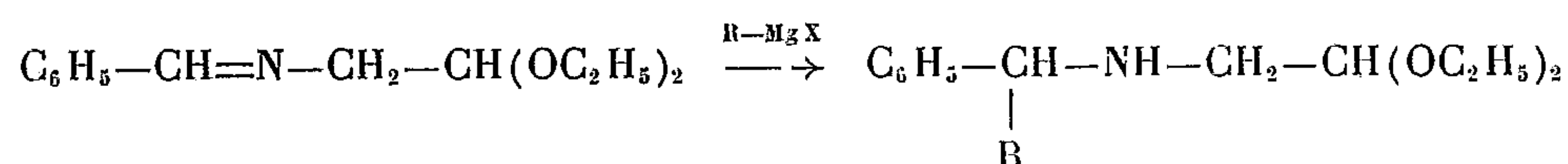
(¹) Grignard, *Bull. Soc. Chim.*, 5, 1905, p. 612; Spaeth, *Ber. dtsch. Chem. Ges.*, 47, 1914, p. 766; *Monatsh. Chem.*, 35, 1914, p. 319.

D'autre part, Busch et ses collaborateurs ([2]) ont montré que les N-benzylidène amines additionnent les organomagnésiens en donnant des complexes qui, par hydrolyse, fournissent les benzylamines α-substituées correspondantes :

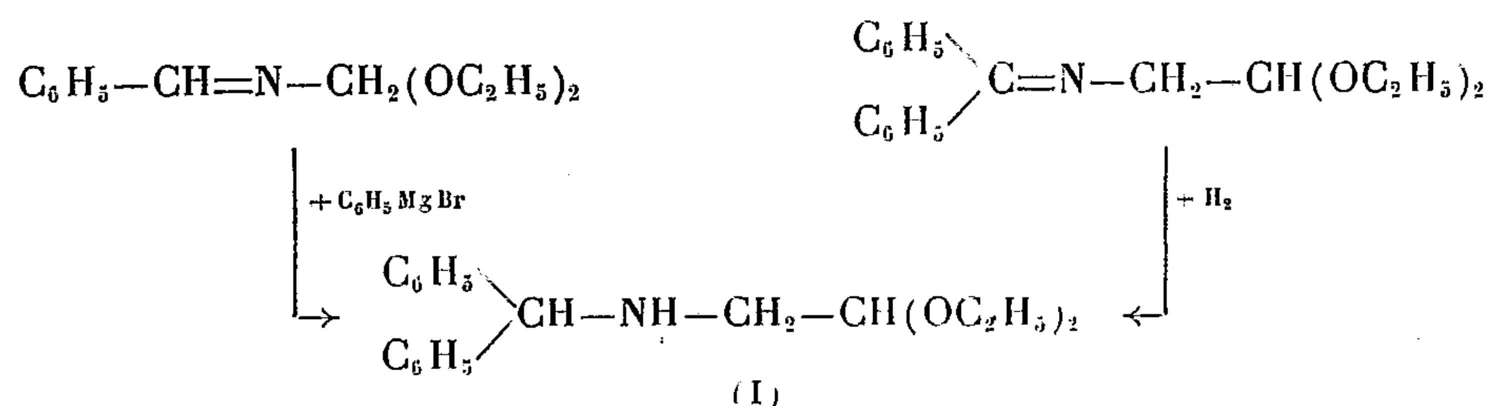


Ces deux réactions étant susceptibles de s'effectuer dans l'éther bouillant, on pouvait se demander quel serait, dans ces conditions, le comportement du benzylidène aminoacétal.

Nous avons constaté que la fonction imine de ce composé fixe aisément l'organomagnésien dès la température ordinaire alors que la fonction acétal n'est pratiquement pas touchée. Après hydrolyse, on obtient, comme produit principal, un benzyl aminoacétal α-substitué :



C'est ainsi qu'avec le bromure de phénylmagnésium nous avons obtenu, avec un rendement de 70-75 %, un liquide huileux $É_{12}$ 206-208° dont l'analyse correspond à la formule $C_{19}H_{25}O_2N$. C'est le N-(diphényl méthyl) amino-acétal diéthylique (I). Par oxydation chromique, il donne la benzophénone (oxime F 143-144°); il s'unit à l'isocyanate de phényle avec formation d'une phénylurée F 115-116° identique à celle que nous avions obtenue avec l'amine résultant de l'hydrogénation du cétiminoacétal dérivant de la benzophénone



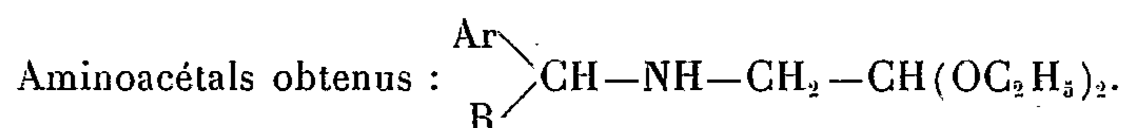
Nous avons pu généraliser cette réaction et nous indiquons ici les résultats obtenus avec les iminoacétals dérivant des aldéhydes benzoïque et anisique. Ces iminoacétals ont déjà été signalés dans la bibliographie chimique. Ils s'obtiennent avec des rendements sensiblement quantitatifs par action directe des aldéhydes sur l'aminoacétal. Ce sont des liquides très stables distillant sans décomposition sous pression réduite.

La condensation avec les organomagnésiens a été effectuée à la façon

---

([2]) Busch, *Ber. dtsch. Chem. Ges.*, 37, 1904, p. 2691; Busch et Rink, *Ber. dtsch. Chem. Ges.*, 38, 1905, p. 1761; Busch et Hobein, *Ber. dtsch. Chem. Ges.*, 40, 1907, p. 2096.

habituelle, en opérant avec un excès du magnésien. Après avoir mélangé à froid les réactifs, on laisse en contact à la température ordinaire pendant plusieurs heures, puis on chauffe à reflux de l'éther pendant 1 h. De la solution éthérée, isolée après hydrolyse en présense de chlorure d'ammonium, on extrait l'amine formée par agitation avec de l'acide sulfurique à 10 % ; la base est ensuite libérée de son sulfate par les procédés habituels et distillée.


Aminoacétals obtenus : $\genfrac{}{}{0pt}{}{Ar}{R}\!\!>\!CH-NH-CH_2-CH(OC_2H_5)_2$.

Ar.	R.	Formule brute.	Constantes physiques.	Rdt %.	Dérivés cristallisés.
$-C_6H_5$	$-CH_3$	$C_{14}H_{23}O_2N$	E_{12} 143-145°	80	Oxalate F 146-147°
$-C_6H_5$	$-C_2H_5$	$C_{15}H_{25}O_2N$	E_{12} 153-155	85.	Oxalate F 116-117
$-C_6H_5$	$-C_6H_5$	$C_{19}H_{25}O_2N$	E_{12} 206-208	80	Oxalate F 147-149
$-C_6H_5$	$-C_6H_4-CH_3$ (4)	$C_{20}H_{27}O_2N$	E_{12} 217-220	60	Oxalate F 133-134
$-C_6H_5$	α-$C_{10}H_7-$	$C_{23}H_{27}O_2N$	E_1 210-215	15	Phénylurée F 163-164°
$-C_6H_4-OCH_3$ (4)	$-CH_3$	$C_{15}H_{25}O_3N$	E_{16} 184-185	68	–
$-C_6H_4-OCH_3$ (4)	$-C_2H_5$	$C_{16}H_{27}O_3N$	E_{15} 190-191	68	Chlorhydrate F 150-155°
$-C_6H_4-OCH_3$ (4)	$-C_6H_5$	$C_{20}H_{27}O_3N$	E_1 170-175	58	Phénylurée F 102-104°
$-C_6H_4-OCH_3$ (4)	$-C_6H_4-OCH_3$ (4)	$C_{21}H_{29}O_4N$	$E_{1,5}$ 210-215	38	Phénylurée F 139-140°

Les benzylaminoacétals ainsi obtenus se résinifient facilement en milieu acide du fait de l'hydrolyse de la fonction acétal. Il est, par suite, impossible de réaliser leur cyclisation en hydroisoquinoléines par les procédés habituels (action de SO_4H_2, P_2O_5, $POCl_3$).

La méthode de Fischer ([3]) (chauffage avec SO_4H_2 en milieu oxydant) qui avait permis à son auteur d'obtenir un peu d'isoquinoléine à partir du benzylaminoacétal lui-même ne nous a fourni que des résultats négatifs.

Nous étudions en ce moment un nouveau procédé de cyclisation basé sur l'action du fluorure de bore, qui dans le cas du diphénylméthyl aminoacétal nous a fourni la phényl-1 éthoxy-4 tétrahydro-1.2.3.4 isoquinoléine avec un rendement de 60 %.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Oxydation des bis-(aryl-azo-)méthylène-2-méthyl-1 benzothiazolines.* Note de M. **Henri Wahl** et Mlle **Marie-Thérèse Le Bris**, présentée par M. Marcel Delépine.

Description des diperchlorates de méthyl-1 benzothiazolium-2-5′ di (aryl)-2′-3′ tétrazolium dans les cas où le groupe aryl est phényl, *p*-méthyl-phényl, *p*-chlor-phényl, *p*-méthoxy-phényl. La soude alcoolique régénère quantitativement les colorants initiaux.

([3]) *Ber. dtsch. Chem. Ges.*, **26**, 1893, p. 764 et **27**, 1894 p. 165.

Nous avons signalé (¹) les difficultés rencontrées au cours des premiers essais tentés en vue de préparer les sels de tétrazolium dont on pouvait prévoir la formation par oxydation des bis-(aryl-azo-)méthylène-2 méthyl-1 benzothiazolines (A).

Ceci nous avait amenés à oxyder les-dits colorants par l'acide nitrique et nous avons pu établir une curieuse dégradation de ces colorants sous l'action successive de l'acide nitrique puis de la soude : on réalise, selon le mécanisme proposé, d'abord la stabilisation du groupement disazoïque sous forme de sel de tétrazolium, la coupure de la liaison —S—C du cycle thiazolique, l'oxydation du soufre à l'état d'anion SO_3^- et enfin, sous l'action de la soude, la rupture de la liaison amide [C].

Ceci suppose la formation, en premier stade, des sels de tétrazolium et l'on pouvait espérer que l'emploi d'agents moins énergiques permettrait moyennant quelques précautions, d'isoler les sels en question.

C'est pourquoi, malgré les insuccès antérieurs, nous avons repris ce problème et nous avons pu déterminer cette fois les conditions à réaliser pour obtenir ces produits avec de bons rendements et à l'état de magnifiques cristaux.

Voici, par exemple, dans le cas où le colorant A dérive de la *p*-chloraniline, le mode opératoire suivi :

On dissout 8,8 g (1/50 M) du disazoïque dans 120 cm^3 d'acide acétique en présence de 8 cm^3 d'acide chlorhydrique concentré et 25 cm^3 d'eau. On maintient la température vers 15-18° et ajoute en l'espace de 2 h, par fractions, 8 cm^3 d'une solution de nitrite d'isoamyle dans l'acide acétique (1 M pour 200 cm^3 d'acide, soit donc 4/100 M). La coloration rouge initiale fait place, en un temps variable, de 6 à 48 h, à une teinte brun orangé. On ajoute alors 120 cm^3 d'eau et 10 cm^3 d'acide perchlorique. Il se forme un abondant précipité cristallin (²) de diperchlorate de méthyl-1 benzothiazolium-2-5′ di (*p*-chlorphényl)-2′.3′ tétrazolium, très peu soluble dans l'eau, qu'on recristallise dans un mélange d'eau et d'acide acétique. Les constantes et données analytiques relatives aux premiers termes de cette série sont résumées dans le tableau ci-après.

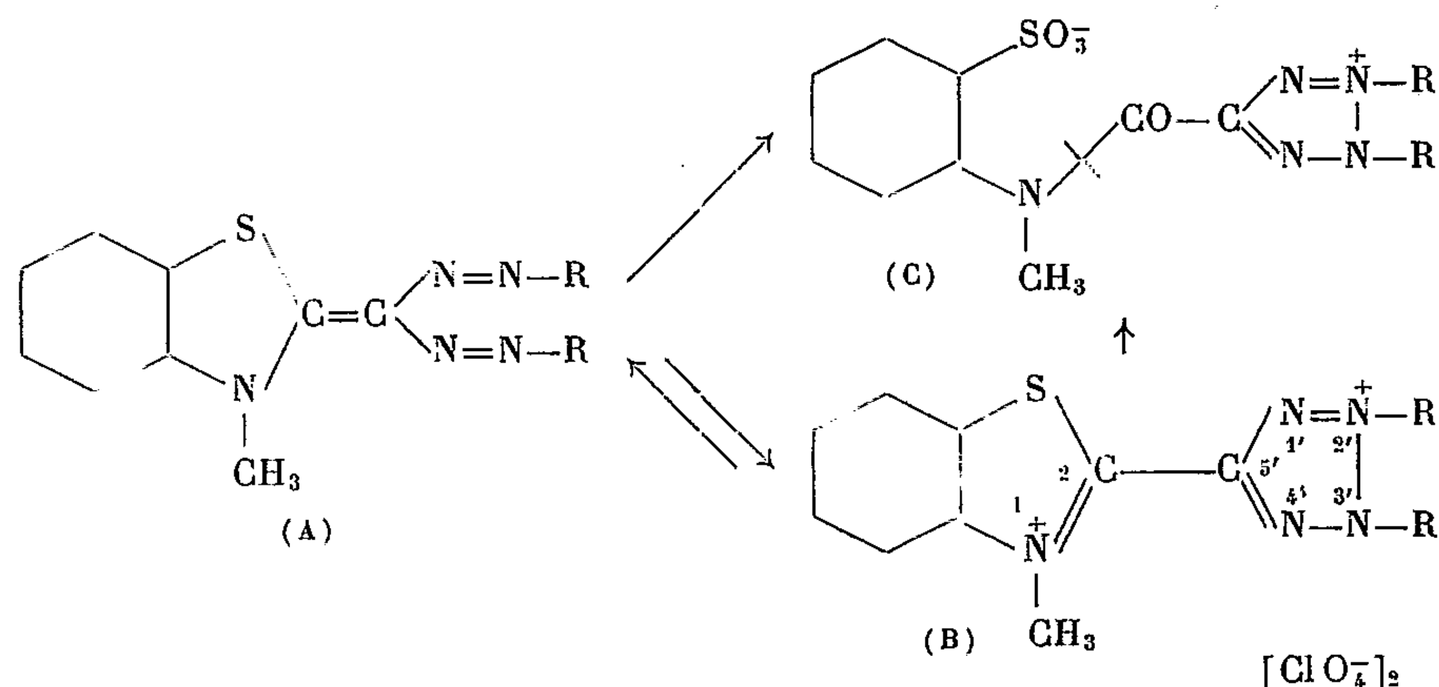
La preuve qu'il s'agit bien des sels de tétrazolium (B) est fondée non seulement sur les données analytiques, mais en outre sur les réactions suivantes :

1° La réduction à la température normale par l'acide ascorbique en milieu neutre régénère à peu près quantitativement les colorants initiaux ainsi qu'il a été vérifié pour chacun des cas : point de fusion et épreuve du mélange.

2° La soude alcoolique régénère également, presque instantanément les produits de départ (A) sans faire apparaître les colorations caractéristiques des acides formazane carboxyliques.

(¹) H. Wahl et M.-T. Le Bris, *Comptes rendus*, 240, 1955, p. 2421 et 241, 1955, p. 1143.

(²) Pour la nomenclature, *cf.* A. W. Nineham, *Chem. Rev.*, 55, 1955, p. 361.



Amine utilisée pour préparer (A).	F (° C).	Diperchlorate (B). Aspect et solvant de cristal.	Formules et analyses.
Aniline ($R: C_6H_5$)............	265-266	Plaquettes à peine colorées Acide acétique	$C_{21}H_{17}O_8Cl_2N_5S$ P. M. 570 Calculé %, N 12,28; Cl 12,44 Trouvé %, N 12,31; Cl 12,51
p-toluidine ($R: C_6H_4-CH_3$)...	254-256	Bâtonnets incolores Acide acétique	$C_{23}H_{21}O_8Cl_2N_5S$ P. M. 598 Calculé %, N 11,71; Cl 11,82 Trouvé %, N 11,72; Cl 11,17
p-chloraniline ($R: C_6H_4Cl$).....	270-272	Plaquettes presque incolores Acide acétique et eau	$C_{21}H_{15}O_8Cl_4N_5S$ P. M. 639 Calculé %, N 10,91; Cl 22,10 Trouvé %, N 10,89; Cl 21,69
p-anisidine ($R: C_6H_4OCH_3$).....	246	Aiguilles jaunes Acide acétique	$C_{23}H_{21}O_{10}Cl_2N_5S$ P. M. 630 Calculé %, N 11,06; Cl 11,27 Trouvé %, N 11,13; Cl 11,56

Pour étayer notre hypothèse que l'acide nitrique oxyde les colorants (A) en sels de tétrazolium avant d'hydrolyser le cycle thiazolique, nous avons soumis les sels (B) à l'action de cet acide et obtenu effectivement les sulfonates internes de tétrazolium décrits précédemment.

Il convient d'ajouter, enfin, que de minimes modifications du mode opératoire indiqué plus haut provoquent la formation de composés incolores que nous n'avons pu encore obtenir à l'état cristallin. Ce sont ces produits qui empêchent facilement la cristallisation des sels (B). Ils donnent, par réduction, des colorants différents des colorants initiaux et, par action de la soude, ils font apparaître les colorations caractéristiques des acides formazane carboxyliques, indiquant une coupure de la molécule qui fait l'objet des travaux en cours.

RADIOCRISTALLOGRAPHIE. — *Influence des substitutions sur la déformation quadratique dans les ferrite et chromite de cuivre.* Note de M. **Claude Delorme**, présentée par M. Charles Mauguin.

On étudie la variation de c/a dans les ferrites et chromites mixtes quadratiques : $Fe_2Cu_{1-x}Me_xO_4$ et $Cr_2Cu_{1-x}Me_xO_4$ (Me : Ni, Co, Mg, Zn, Cd, Ca) en fonction de x et du rayon de l'ion Me.

Le ferrite de cuivre refroidi lentement est quadratique avec $c/a = 1,06$, c'est un spinelle presque inverse ([1]); le chromite de cuivre quel que soit son traitement thermique est quadratique avec $c/a = 0,92$, c'est un spinelle normal ([2]).

Divers ferrites et chromites mixtes de formules $Fe_2Cu_{1-x}Me_xO_4$ et $Cr_2Cu_{1-x}Me_xO_4$ ont été préparés par calcination de mélanges de nitrates. Les ferrites étaient tous refroidis lentement jusqu'à température ordinaire.

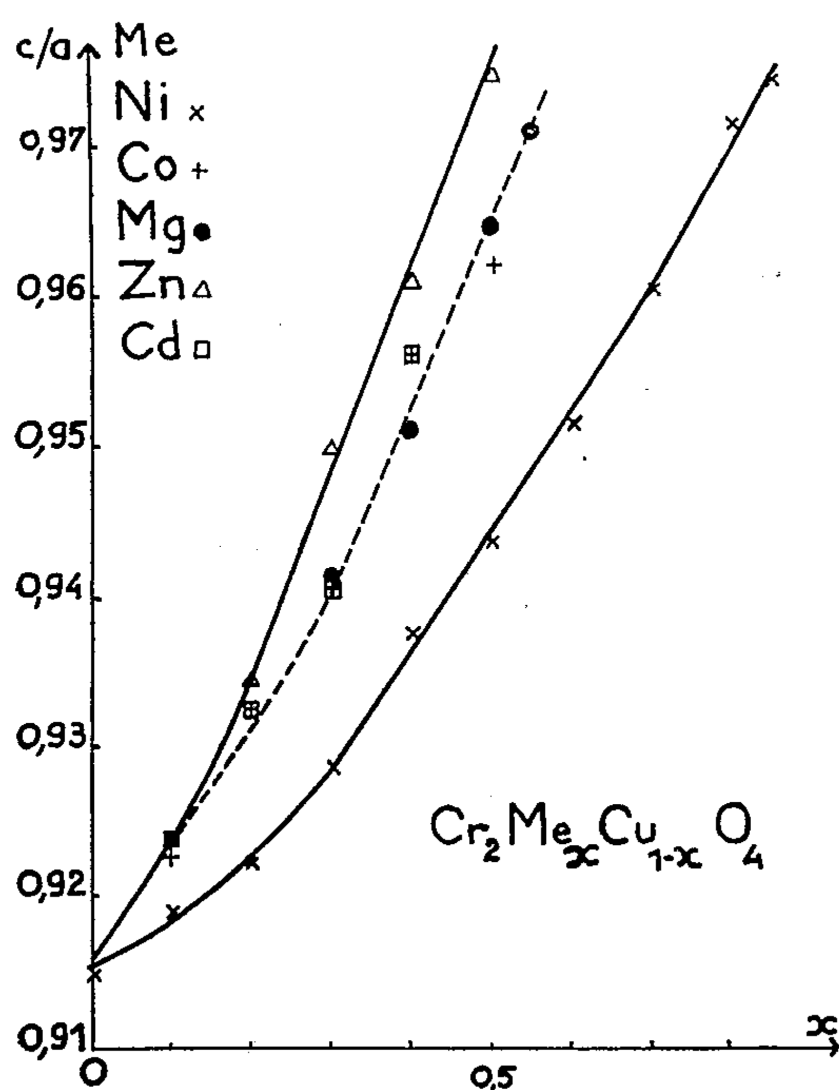


Fig. 1.

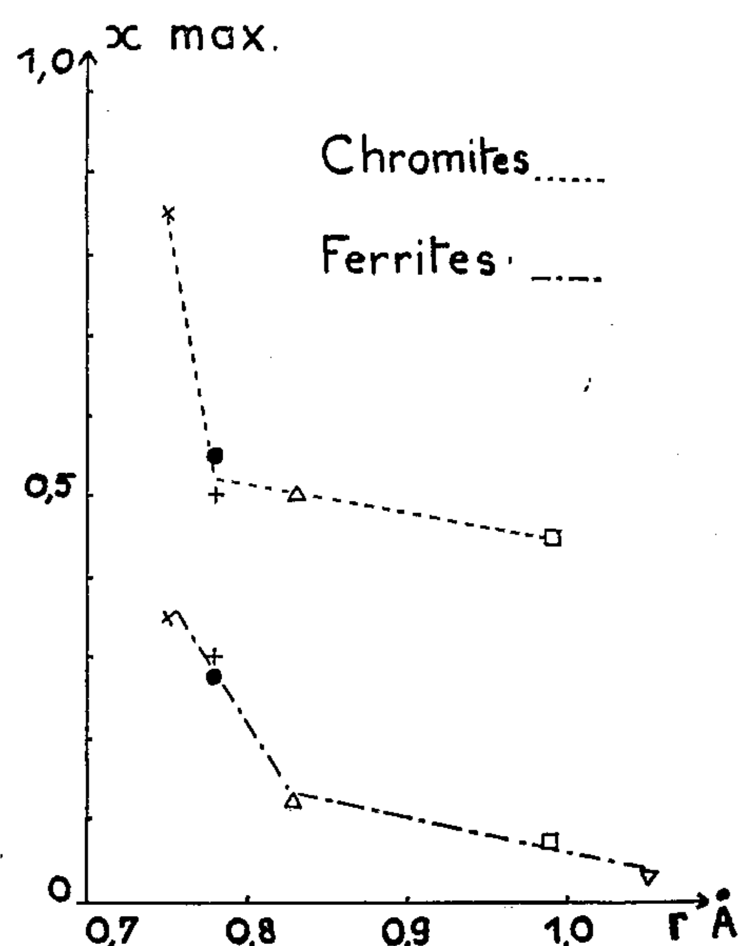


Fig. 2.

La figure 1 illustre la variation du c/a des chromites mixtes en fonction de la teneur en substituant. La déformation décroît avec la concentration du substituant. Il en est de même pour les ferrites mixtes (courbes non reproduites).

(1) L. Weil, F. Bertaut et L. Bochirol, *J. Phys. Rad.*, 11, 1950, p. 208; F. Bertaut, *J. Phys. Rad.*, 12, 1951, p. 252.

(2) F. Bertaut et C. Delorme, *Comptes rendus*, 239, 1954, p. 505.

Les clichés des divers composés ne montrent qu'une phase présente, ou cubique ou quadratique à l'exception des corps suivants : $Fe_2Cu_{0,75}Mg_{0,25}O_4$, $Fe_2Cu_{0,9}Zn_{0,1}O_4$ et $Cr_2Cu_{0,45}Zn_{0,55}O_4$ où l'on observe deux phases : cubique *et* quadratique.

Le chromite mixte Cu-Ni présente des particularités : pour $x = 0{,}85$ on a $c/a = 0{,}973$ mais pour $0{,}9 \leq x \leq 0{,}99$, on a $c/a = 1{,}02$. Le chromite de nickel trempé à 900° C est un spinelle normal cubique (³) mais refroidi lentement il devient quadratique avec $c/a = 1{,}02$.

Pour chaque substituant il existe une teneur x limite pour laquelle le chromite ou le ferrite est encore quadratique, devenant cubique pour une teneur légèrement supérieure. Nous avons essayé de mettre en relation les teneurs limites du substituant avec son rayon ionique. La figure 2 montre que cette teneur décroît avec le rayon ionique du substituant.

La décroissance est en général faible pour les chromites (mis à part celui de Cu-Ni), spinelles du type normal (³) et elle est la même sensiblement, pour les ferrites mixtes de Cu avec Zn, Cd, Ca où le substituant a une préférence pour les sites tétraédriques. Pour les ferrites mixtes avec Ni, Mg, Co la variation est plus brutale mais la teneur maxima est plus grande.

En conclusion, la substitution d'ion bivalent dans le ferrite de cuivre ($c/a > 1$) et le chromite de cuivre ($c/a < 1$) a pour effet de diminuer la déformation $|c/a - 1|$. La transition quadratique-cubique est obtenue à des concentrations d'autant plus faibles que le rayon ionique est plus grand. L'effet classe les ions dans l'ordre de leurs rayons (en angströms) : Ca (1,05); Cd (0,99); Zn (0,83); Co (0,78); Mg (0,78); Ni (0,75).

L'influence des substituants trivalents fera l'objet d'une autre publication.

GÉOLOGIE. — *Caractères essentiels et caractères particuliers du faciès Flysch.* Note de Mme **Marguerite Rech-Frollo**, présentée par M. Paul Fallot.

Le terme « Flysch » est souvent accompagné d'un qualificatif : « Flysch des Aiguilles d'Arve », « Flysch du Niesen », « Flysch de la Simme », etc. Aux caractères essentiels de la notion de Flysch s'ajoutent de la sorte des caractères particuliers. Parfois on prend ces caractères particuliers pour des caractères essentiels, et cela sans se préoccuper de la présence nécessaire, en totalité, de ces derniers.

Afin d'éviter la confusion qui naît souvent sur la véritable signification du terme de Flysch, je vais essayer de dégager ce qui, en l'état actuel des connaissances, apparaît essentiel à cette notion et ce qui lui serait accessoire, pourrait varier, ou même manquer, d'une unité géologique à une autre. Pour le moment, je ne donnerai aucune explication des phéno-

---

(³) E. J. Verwey et E.-L. Heilmann, *J. Chem. Phys.*, 15, 1947, p. 147.

mènes, mais simplement une série d'exemples pris dans mes observations de terrain et de Laboratoire faites ces dernières années sur le Flysch de nombreuses unités géologiques des Alpes françaises et suisses, des Pyrénées et des Carpates roumaines. Pour ce qui concerne le Flysch suisse, les travaux ([1]) et les conseils du Professeur J. Tercier, de Fribourg m'ont été un point de départ précieux.

Les caractères du Flysch peuvent se résumer ainsi :

Caractères essentiels. — Pris séparément ou même par groupes de deux ou trois, la plupart de ces caractères se rencontrent aussi dans des formations autres que le Flysch. C'est leur existence en commun, leur totalité, qui caractérise le Flysch.

On peut les grouper selon trois critères :

1. *Critères de terrain.* — *a.* Formation essentiellement détritique; *b.* schistosité accentuée dans des couches à alternances rythmiques et sur des épaisseurs importantes. Pour désigner les phases de cette sédimentation rythmique le terme de « séquence » tel que le conçoit Aug. Lombard ([2]) me paraît excellent.

2. *Critère géologique.* — Le Flysch constitue toujours une formation de comblement d'une série lithologique; c'est, comme dit J. Tercier, un dépôt qui « marque la fermeture de divers sillons ou bassins avant la mise à sec totale ou partielle de certaines chaînes de montagnes ».

3. *Critères microscopiques.* — *a.* Les grès à éléments de taille moyenne et les microbrèches sont anisométriques, c'est-à-dire à éléments anguleux et dépourvus de tout classement mécanique; *b.* les séquences à termes anisométriques sont toujours présentes dans une série; *c.* la transition est toujours brusque entre les termes anisométriques d'une séquence et les termes pélitiques; *d.* à quelques rares exceptions près, le ciment des grès et des microbrèches est calcaire; *e.* les termes pélitiques des séquences ne relèvent jamais des vraies marnes; ce sont des argiles plus ou moins calcaires, des calcaires, et surtout des vases calcaires anciennes consolidées.

Caractères particuliers. — Ils sont nombreux. Leur description complète sera faite ailleurs, dans un travail consacré au Flysch et à ses variétés. Quelques exemples seulement suffiront ici :

a. Les séquences d'une série peuvent être binaires (Flysch ultrahelvétique, Flysch du versant Sud des Pyrénées), ou ternaires, quaternaires (Flysch du Niesen); *b.* l'épaisseur des termes d'une séquence présente parfois des valeurs très inégales (Plattenflysch, Flysch à Helminthoïdes des Alpes françaises); *c.* les séquences à termes anisométriques peuvent

---

([1]) J. Tercier, *Eclogæ Geol. Helv.*, 40, 1947, p. 165-198.

([2]) *Eclogæ Géol., Helv.*, 42, 1949, p. 431.

être très fréquentes, jusqu'à donner un Flysch uniquement formé d'alternances très serrées de couches anisométriques et pélitiques (exemple : le Flysch ultrahelvétique), ou presque accidentelles comme pour le Flysch de la Simme dans sa partie médiane (série de la Manche) ou terminale (Plattenflysch), Flysch à Helminthoïdes; *d.* à l'intérieur du terme anisométrique d'une séquence il peut y avoir un « graded bedding » très marqué, comme on le voit souvent dans le Flysch du Niesen, ou dans la série de la Mocausa du Flysch de la Simme, mais le « graded bedding » peut faire entièrement défaut dans des microbrèches et des grès du Flysch ultrahelvétique ou de celui des Aiguilles d'Arve, et bien entendu, dans les termes finement grenus du Flysch helvétique ou dans ceux de la série de la Manche du Flysch de la Simme.

D'autres caractères particuliers exigent une discrimination plus délicate encore, et parce qu'on ne l'a pas faite, on a créé une grande confusion. C'est ainsi que pour prendre quelques exemples, *e*, la série dont le Flysch est le dépôt de comblement peut varier : le Flysch ultrahelvétique et le Flysch des Préalpes Médianes succèdent à une série géosynclinale profonde, les « Couches Rouges », alors que le Flysch helvétique succède à un Nummulitique organo-terrigène; *f.* la manière dont se fait le passage Flysch-Molasse offre aussi des variations : la plupart du temps le Flysch, en tant que dépôt de comblement d'une série lithologique, est aussi un faciès terminal : il représente le dernier terrain plissé. C'est le cas de la plupart des Flysch des Alpes. Pourtant le Flysch helvétique, lui, n'est plus une série terminale; il passe verticalement et sans interruption à la Molasse rupélienne. Seulement celle-ci possède des caractères très rapprochés de ceux du Flysch et *ne modifie pas* pour cela les conditions de faciès de comblement de ce dernier; elle indiquerait seulement que la mise à sec du bassin et son exondaison se sont faites, sur place, insensiblement.

Par contre, certaines formations désignées comme « Flysch », du versant Nord des Pyrénées, ou des Carpates roumaines, qui ne sont pas non plus des séries terminales, perdent le caractère de faciès de comblement d'une série lithologique du fait qu'elles passent verticalement à des formations épicontinentales. Dans ce cas, même si elles possèdent par ailleurs presque tous les caractères essentiels du Flysch, elles ne les possèdent plus en totalité, et le terme de Flysch ne leur convient plus. La dénomination de « formations apparentées au Flysch » de J. Tercier les situerait parfaitement. Ce terme me paraît tout indiqué aussi pour le « Flysch calcaire » : un Flysch ne peut être plus calcaire qu'il ne l'est normalement, par le ciment de ses grès et brèches, et par la proportion de calcaire de ses termes pélitiques, car si la proportion de calcaire est importante par rapport à l'apport détritique, on se trouve en contradiction avec un des caractères essentiels du Flysch, celui d'être un faciès détritique par excellence.

Il me semble que cette façon de procéder doit délimiter une fois pour toutes la notion de Flysch, et éviter à l'avenir d'attribuer ce nom à des formations qui en réalité ne lui sont que plus ou moins apparentées.

GÉOLOGIE. — *Découverte du Trémadoc dans l'Anti-Atlas (Maroc).* Note de MM. **Georges Choubert, Jean Hindermeyer** et **Pierre Hupé,** présentée par M. Paul Fallot.

L'existence d'une faune de grands Trilobites vus à la base de la puissante série ordovicienne de la région d'Agdz est connue depuis les explorations de J. Bondon, vers 1932-1936. Sur la foi des déterminations de l'époque (*Ogygia desiderata*, cf. *Onchometopus volborthi*, etc.), cette faune avait été attribuée à l'Arenig (1).

Un nouveau et important gisement à grands Trilobites de l'Ordovicien basal a été découvert au printemps 1952 — toujours dans la région d'Agdz —, à l'Est du Jebel Kissane et du dyke doléritique du Jebel Oussouksti, non loin du pont du Tansikht (vers $x = 425,5$; $y = 411$).

Ce gisement trouvé par MM. P. Fallot, G. Choubert, J. Hindermeyer et H. Hollard, lors d'une mission préparatoire à l'excursion C 36 du Congrès géologique international, fut fouillé à nouveau par G. Choubert et P. Hupé (1953), puis par MM. P. Fallot, G. Choubert, J. Hindermeyer et Mlle A. Faure-Muret (1954).

Le niveau fossilifère du pont du Tansikht se situe, stratigraphiquement, à 50 m environ au-dessus du sommet des grès dits « terminaux » du Cambrien moyen. Il faut d'ailleurs souligner que, d'une part, les Trilobites cambriens les plus récents récoltés dans ces couches « terminales » par J. Hindermayer (1954) (2), appartiennent, en fait, à la partie moyenne de ce sous-système telle qu'elle est définie dans la Montagne Noire française par M. Thoral et que, d'autre part, aucun indice d'une faune du Cambrien supérieur n'a été jusqu'à présent observé dans les couches situées entre les grès « terminaux » et le niveau ordovicien dont il est question ici. Comme l'a déjà annoncé l'un de nous (G. Ch.), il y a donc à peu près sûrement lacune, et du Cambrien supérieur (Potsdamien) et de la partie terminale du Cambrien moyen (Acadien supérieur) (1).

Les couches ordoviciennes fossilifères du Pont du Tansikht sont constituées par des schistes verdâtres contenant des nodules gréso-calcaires à grands Trilobites.

---

(1) G. Choubert, *Histoire géologique du Domaine de l'Anti-Atlas*, in *Géologie du Maroc*, 1er fasc., 2e partie; *XIXe Congrès géol. Inter.*, Alger, 1952; *Monogr. régionales*, 3e série : *Maroc*, n° 6.

(2) Étudiés actuellement par P. Hupé.

De l'étude de ces derniers, entreprise par l'un de nous (P. H.), il ressort que, pour ce gisement au moins, la faune indique, non pas l'Arenig, mais le Trémadoc supérieur.

Les genres identifiés jusqu'ici sont, en effet, les suivants :

1° *Parapilekia* Kobayashi, Cheiruroidé primitif, présentant, entre autres caractères, une costulation pleurale peu modifiée, caractéristique. C'est une forme des couches à *Ceratopyge* du Trémadoc supérieur suédois et du Trémadoc moyen et supérieur (*dα* 2-3) de Bohême ([3]). L'espèce marocaine est proche de *Parapilekia olesnaensis* Růžička et n'en diffère guère que par son gigantisme (environ 30 cm de long);

2° *Platypeltoides* Přybyl. Un spécimen complet, de taille normale et montrant en particulier les sept segments thoraciques, typiques de ce genre d'Asaphidé, a été récolté par l'un de nous (J. H.) dans les schistes verts. Il ne paraît pas différer de *Platypeltoides crofti* Callaway, espèce des Tremadoc Series de Grande-Bretagne où on l'observe, soit occasionnellement dans la zone 3 (à *Clonograptus tenellus*), soit, surtout, dans la zone 5 (à *Shumardia pusilla*), c'est-à-dire dans le Trémadoc supérieur (niveaux à *Euloma*).

3° *Asaphopsis* Mansuy, représenté seulement jusqu'ici dans les nodules par de grands pygidiums possédant la costulation pleurale et la paire d'épines latérales caractéristiques de cette forme d'Hungaïdé. Le rachis diffère, par sa plus grande largeur, de l'espèce tonkinoise et aussi d'*Asaphopsis villebruni* Bergeron du Trémadoc supérieur de la Montagne Noire.

4° *Asaphellus* Callaway, abondant, dans les nodules avec des têtes et pygidiums géants, à peu près identiques, sauf par la taille, à *Asaphellus homphrayi* Salter, espèce de la zone à *Shumardia pusilla.* Si l'assimilation à l'espèce anglaise devait être rejetée, il n'en resterait pas moins que la forme marocaine rentrerait encore dans le Trémadoc supérieur puisqu'en Amérique du Nord, où il semble monter plus haut qu'en Europe, ce genre ne dépasse pas le Roubidoux inférieur [Zone G2 de R. J. Ross ([4])], équivalent du Trémadoc terminal. Au reste, le genre *Asaphellus*, est, statistiquement, une forme trémadocienne, aussi bien aux États-Unis qu'en Europe, en Corée et en Argentine.

L'identification du Trémadoc dans le Sud marocain entraîne d'intéressantes conséquences stratigraphiques et paléogéographiques.

Tout d'abord, reposant en discontinuité de sédimentation sur du Cambrien moyen et constituant la base de la puissante série ordovicienne, cet étage doit bien être considéré, ainsi qu'ont coutume de le faire pour

---

([3]) F. Prantl et A. Přibyl, *Sborcik Nar. Mus. Praze*, 3, B, n° 1, 1947.

([4]) *Bull. Peabody Mus. Nat. Hist.*, n° 6, 1951.

l'Europe les stratigraphes français, comme le début même de l'Ordovicien et non pas comme le sommet du Cambrien supérieur.

En outre, il n'est plus permis d'envisager maintenant, au Sud de la Montagne Noire française, point le plus méridional d'Europe où le Trémadoc était connu de façon certaine avec un faciès marin (5), une région émergée reliée sans hiatus à la plate-forme africaine, supposée elle-même encore continentale. On est au contraire, obligé d'admettre l'existence, au Trémadoc, d'un bras de mer marocain à sédimentation vaseuse, constituant un biotope éminemment favorable aux faunes trilobitiques, et séparant le bloc africain d'une zone assez localisée correspondant, en gros, à la Meseta ibérique et ses dépendances, où l'Ordovicien basal, représenté par un faciès « grès armoricain », détritique, semble effectivement impliquer des émersions contemporaines.

Enfin, au Nord de ce territoire à tendances continentales, vient la mer trémadocienne bien caractérisée de la France méridionale, à faune différente de celle du bras de mer marocain, donc probablement sans rapports très directs avec lui.

GÉOLOGIE. — *Précisions sur la tectonique de l'Himalaya de l'Arun.* Note de MM. **Pierre Bordet** et **Michel Latreille**, présentée par M. Paul Fallot.

Dans une Note précédente (1), nous avons indiqué que l'Himalaya de l'Arun se divisait, au point de vue géologique, en quatre ensembles structuraux qui se différencient par leur stratigraphie.

Ces séries ont été déjà décrites en des régions de l'Himalaya voisines, par d'autres auteurs (2) et voici les équivalences que l'on peut établir.

P. B. et M. L.	A. Lombard.	T. Hagen.
Série de Dharan	Série des Siwaliks	Série des Siwaliks
Série de Sangouri	Nappes de Nawakot	Nappes de Nawakot
Ensemble du Bas-Himalaya :	Nappes de Kathmandu (1 à 4)	Nappes de Kathmandu (1 à 4)
Ensemble du Haut-Himalaya :		
Série du Barun	Nappe de Kathmandu n° 5	Nappes de Kathmandu n° 5
Migmatites de Namché Bazar	Nappes de Khumbu (1 à 3)	Nappes de Khumbu (1 à 3)
Granite du Makalu	Dalle du Tibet	Granite de Mustang (rattaché à K. 5)
Série du Tibet	»	Série tibétaine

(5) P. Pruvost a montré, en effet (*Ann. Soc. géol. Nord*, 41, 1912), que les schistes pourprés de Papiol en Catalogne, sont, non pas trémadociens comme on le pensait jadis (et comme on l'écrit encore), mais indiscutablement carbonifères.

(1) *Comptes rendus*, 241, 1955, p. 1400.

(2) A. Lombard, *Bull. Soc. géol. Fr.*, 6e série, 3, 1953, p. 321; T. Hagen, *Schw. Min. Petr. Mitt.*, 34, 1954, p. 300.

Ces formations, toutes poussées du Nord vers le Sud, présentent les particularités tectoniques suivantes :

1° La série de Dharan paraît chevaucher les formations récentes de la plaine du Gange, mais ce fait n'a pas pu être prouvé par suite de l'existence des formations de piedmont.

2° La série de Sangouri forme une bande qui se coince rapidement de l'Ouest vers l'Est. Dans les régions parcourues, elle a une importance minime; par contre, plus à l'Ouest, elle affleure sur une quarantaine de kilomètres de large. Elle présente des plissements très serrés de style relativement souple.

3° La série stratigraphique du Bas-Himalaya est plissée longitudinalement; elle forme quatre anticlinaux couchés séparés par trois synclinaux.

— En discordance tectonique sur la série de Sangouri vient la lame anticlinale gneissique de Yangsingla;

— Puis le synclinal de Patigaon; couché du Nord vers le Sud à 30° environ, il possède deux flancs également développés formés par la série stratigraphique du Bas-Himalaya;

— Dessus repose la masse anticlinale de Nurga La, formée de gneiss;

— Puis vient le synclinal couché de la Tamar : son flanc normal est laminé et redressé au Sud de cette rivière; son flanc renversé présente un écaillage qui le redouble dans la région de Dhankouta.

— L'anticlinal de Bhirgaon est formé de gneiss sub-horizontaux.

— Le synclinal couché de Légua se prolonge par les séries affleurant dans la demi-fenêtre inférieure de l'Arun, sur une distance transversale de 40 km environ. Son flanc normal est régulier et donne la meilleure coupe que l'on puisse étudier de la série stratigraphique du Bas-Himalaya; son flanc renversé est écaillé et redoublé : dans la région de Chainpur, on peut reconnaître au moins trois écailles superposées.

— L'anticlinal de Tinjuré, couché à l'horizontale, constitue une large nappe qui repose sur la demi-fenêtre inférieure de l'Arun; il comporte un cœur de gneiss et supporte sa couverture sédimentaire épimétamorphique; sur celle-ci reposent des écailles faites de même matériel; il en existe dans deux régions différentes : dans la région du Raka La; au voisinage de la frontière tibétaine, apparaît un premier groupe de deux ou trois écailles superposées, profondément coincées sous le chevauchement du Haut-Himalaya; dans la région de Kumbu, au front du chevauchement du Haut-Himalaya, existe un autre groupe de cinq ou six écailles superposées (écailles de Surké La-Thosé).

Il ne semble pas qu'il y ait actuellement continuité entre ces deux groupes d'écailles, mais il est possible qu'initialement, les écailles du Raka La aient constitué les racines des écailles de Surké La-Thosé; ces

dernières auraient été arrachées par l'avancée du chevauchement frontal du Haut-Himalaya, et entassées en avant de celui-ci.

Il faut noter que, dans l'ensemble du Bas-Himalaya l'importance des efforts tectoniques paraît aller en croissant de l'extérieur vers l'intérieur de la chaîne : le premier synclinal est seulement déversé, le deuxième présente un léger écaillage et sa profondeur doit être beaucoup plus grande; le troisième révèle un chevauchement de grand style. Quant au contact de l'ensemble du Bas-Himalaya sur la série de Sangouri, il se fait par une surface de cisaillement qui sectionne au hasard la structure de cet ensemble. Ce que l'on sait de la géologie des régions situées plus à l'Ouest conduit à attribuer une grande importance à ce contact anormal; l'ensemble du Bas-Himalaya doit recouvrir tectoniquement la série de Sangouri sur plusieurs dizaines de kilomètres.

4° L'ensemble du Haut-Himalaya, dont la structure a déjà été décrite, repose sur les écailles supérieures du Bas-Himalaya. Les séries gneissiques de celles-ci présentent certains caractères pétrographiques (développement d'amphibolites et de cipolins) qui les rapprochent des gneiss ectinites du Barun. On peut penser qu'elles proviennent d'une région dans laquelle les migmatites de Tinjuré passent latéralement aux ectinites du Barun. Ceci est possible puisque ces deux sortes de gneiss représentent deux faciès différents de l'Antécambrien.

On sait que l'Himalaya de l'Arun est plissé en travers par le trans-anticlinal de l'Arun. Celui-ci, déblayé par l'érosion sur une quinzaine de milliers de mètres, fait apparaître en demi-fenêtre, d'une part le synclinal de Légua sous la nappe de Tinjuré (demi-fenêtre inférieure de l'Arun), d'autre part la nappe de Tinjuré sous l'ensemble du Haut-Himalaya (demi-fenêtre supérieure de l'Arun). Les itinéraires parcourus ont permis de constater qu'à la hauteur de la frontière tibétaine, les affleurements de la série du Haut-Himalaya, de part et d'autre de l'axe anticlinal, étaient distants de 18 km, sans qu'aucun abaissement d'axe ne soit encore sensible. Le bombement anticlinal doit donc se prolonger au Tibet sur une grande distance; de ce fait, la demi-fenêtre supérieure de l'Arun, qui a été cartographiée sur près de 50 km de profondeur, doit en mesurer en réalité beaucoup plus : peut-être 70.

En résumé, les dernières recherches ont permis de compléter les remarques faites antérieurement sur la tectonique de l'Himalaya de l'Arun de la manière suivante :

— Les grands ensembles structuraux se chevauchent les uns les autres de plusieurs dizaines de kilomètres. Le chevauchement le plus important atteindrait 70 km.

— Chacun de ces ensembles présente une tectonique interne plus souple

qu'il n'était apparu au premier abord; il existe, par exemple, des débris de flancs renversés sous les chevauchements du Bas-Himalaya.

— Il semble que l'importance des chevauchements aille en croissant du Sud vers le Nord.

— Enfin il n'apparaît pas de trace certaine de phase orogénique antéalpine; de ce fait, l'âge du métamorphisme des séries ne peut être précisé et il n'est pas impossible que certaines migmatisations soient en rapport avec l'orogénèse alpine.

GÉOLOGIE. — *Caractères paléogéographiques de l'Éocène moyen dans le pays bordelais.* Note de Mlle **Mauricette Veillon** et M. **Michel Vigneaux**, présentée par M. Pierre Pruvost.

Lors d'une précédente étude (¹) sur l'Éocène supérieur girondin, nous avons été amenés à distinguer deux petits bassins sédimentaires différents dans la dépression du synclinal de Bordeaux, l'un de ces bassins à sédimentation néritique, couvrant le pays de Buch, l'autre, de caractère plus littoral, s'étendant sur le Bordelais. Poursuivant nos observations sur les échantillons de forages, nous pouvons préciser maintenant les caractères de l'Éocène moyen en Gironde.

Le fait le plus remarquable est que, non seulement la distinction des deux zones précitées se retrouve au Lutétien, mais que les caractères différentiels sont beaucoup plus accentués qu'à l'Éocène supérieur et suggèrent des conditions paléogéographiques sensiblement différentes.

M. A. Fabre, dans sa thèse (²), avait noté une inégale répartition faunique entre les assises lutétiennes du forage des Abatilles près d'Arcachon et celles des forages de Bordeaux; il attribuait cette variation à une simple différence de profondeur. Pour cet auteur : « les calcaires gris d'Arcachon constituent un dépôt de mer assez profonde, tandis que ceux des deux rives de la Gironde et de la Garonne, ... se sont formés sur une bordure littorale ».

En réalité, à la suite de l'examen détaillé que nous avons pu faire des échantillons du forage ancien des Abatilles, nous pensons, qu'en ce lieu, les dépôts proviennent d'une sédimentation de type néritique, presque littorale. Nous rejoignons par là même l'opinion de P. Viennot (³) qui, en 1924, estimait qu'aux Abatilles : « Tous les calcaires éocènes et oligocènes... représentent des faciès nettement néritiques ou sublittoraux »...

(¹) *C. R. somm. Soc. Géol. France*, 1954, p. 414-415.

(²) A. Fabre, *Description géologique des terrains tertiaires du Médoc et essai sur la structure tectonique du département de la Gironde*, *Thèse*, Paris, 1939, Drouillard, Bordeaux.

(³) *Comptes rendus*, 179, 1924, p. 186.

Cependant, si les faciès sont sensiblement comparables à l'Éocène moyen, aux Abatilles et sous Bordeaux, les microfaunes et en particulier les Nummulites présentent de nettes différences.

Aux Abatilles, seul le sommet du Lutétien est connu, la sonde s'étant arrêtée dans cet étage. Le calcaire qui forme ce niveau supérieur renferme, associées à des Assilines ainsi qu'à de nombreuses Discocyclines : *Nummulites millecaput* Boub., *N. aturicus* Joly et Leym. et *N. atacicus* Leym. Ces espèces sont bien représentées et permettent de rapprocher le Lutétien d'Arcachon de celui que l'on connaît en de nombreux points dans le Sud de l'Aquitaine, en particulier en Chalosse.

Dans le Bordelais proprement dit, où l'Éocène moyen se présente toujours avec un faciès essentiellement calcaire, littoral, parfois détritique, les Nummulites semblent localisées dans le calcaire sableux, qui constitue la partie inférieure de l'étage. Les espèces rencontrées sont : *Nummulites uroniensis* Heim (B. et A.), *N. atacicus* Leym. *N. subatacicus* H. Douvillé, *N. gallensis* Heim (A), *N. cf. lamarcki* d'Arch., *N. subdiscorbina* de la Harpe, auxquelles il faut ajouter quelques formes nouvelles spéciales au Bordelais. Une faune particulièrement riche de petits Foraminifères accompagne ces Nummulites.

Dans les assises moyennes et supérieures du Lutétien, représentées respectivement par un sable calcaire très fossilifère et par un calcaire compact à Alvéolines, nous n'avons pas trouvé de Nummulites. Ces dernières ne réapparaissent qu'avec la transgression lédienne.

Cette répartition stratigraphique des Nummulites, nettement différente dans les deux zones considérées, est le reflet de la dissemblance profonde se manifestant entre les conditions de sédimentation qui ont régi chacune d'elles. Cette opposition a pu exister pendant une grande partie du Lutétien; nous ne pouvons la préciser, faute de matériel, que pour le Lutétien supérieur. Alors que la région d'Arcachon était, à ce moment-là, le théâtre d'une sédimentation peu profonde favorable au développement de *N. aturicus* et *N. millecaput*, la région de Bordeaux voyait se former un calcaire de caractère également peu profond mais totalement dépourvu de Nummulites. Le faciès bordelais, riche en Alvéolines, ne pouvant constituer un milieu défavorable pour les Nummulites considérées, il semble que la répartition différentielle des espèces résulte simplement de l'absence de communication directe entre les bassins d'Arcachon et de Bordeaux. La faune des synclinaux sud-aquitains est arrivée facilement jusqu'aux Abatilles, mais n'a pu atteindre Bordeaux.

L'examen comparé de la microfaune des deux bassins montre de plus les caractères bien particuliers des Nummulites de Bordeaux. Celles-ci forment, au Lutétien inférieur, une association qui possède une individualité nette. Bien que certaines espèces, telles *N. atacicus* et *N. uroniensis*, soient éga-

lement réparties dans le Bordelais et le Sud de l'Aquitaine, l'absence, dans les formations lutétiennes du sous-sol de Bordeaux, des formes à spire lâche du groupe de *N. irregularis*, est bien caractéristique. Ces formes présentent en effet une large répartition; elles sont connues dans les Landes, la Chalosse et le bassins de l'Adour. Nous arrivons ainsi, pour l'Éocène moyen du pays girondin, à la conception paléogéographique suivante : existence de deux bassins nettement individualisés, l'un centré sur Bordeaux, l'autre situé sensiblement sur l'emplacement du bassin d'Arcachon actuel. Ces deux bassins semblent, pendant cette période, ne pas avoir eu entre eux de communications directes favorisant les échanges fauniques. La découverte récente de l'anticlinal de Biganos ([4]), que n'ont pas recouvert les mers éocènes, vient renforcer cette opinion. Le bassin de Bordeaux, limité au Sud par l'anticlinal de Villagrains-Landiras, était vraisemblablement fermé au Sud-Ouest par la ligne émergée de Biganos. Pendant l'Éocène moyen les deux bassins vont se combler insensiblement et au début de l'Éocène supérieur leur profondeur est assez faible. La mer lédienne dans sa transgression ne se cantonnera plus dans des bassins bien définis mais au contraire aura tendance à s'étaler plus largement. Les deux bassins, précédemment séparés à l'Éocène moyen, seront appelés à n'en plus former qu'un seul, chacun d'eux gardant cependant une teinte d'individualité (persistance à l'Éocène supérieur de l'état lutétien).

GÉOLOGIE. — *Le rôle des recouvrements anormaux dans la région de Sétif (Algérie).* Note (*) de M. **Jules Glaçon** et Mme **Georgette Glaçon**, présentée par M. Pierre Pruvost.

Au cours de nos levers entre Sétif et la chaîne des Babors (feuilles Aïne Roua, Kerrata, Djemila, le Bou-Sellam et Sétif) nous avons observé des phénomènes tectoniques qui, bien que nos études de détail ne soient pas achevées partout, nous permettent dès maintenant d'affirmer que certains faits ne sont pas explicables autrement que par le recouvrement anormal de plusieurs unités tectoniques. L'étude de ces unités est rendue difficile par l'abondance des niveaux marneux, différenciables seulement par leur microfaune. Nous distinguons à l'heure actuelle quatre unités de recouvrement superposées, différenciées par leur structure et les faciès des terrains.

L'autochtone est constitué par la série du massif du Guergour, allant du Jurassique à l'Éocène moyen. Il est plissé en dômes ou plis larges de

([4]) M. Vigneaux, *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 2010.

(*) Séance du 21 novembre 1955.

direction Ouest-Sud-Ouest-Est-Nord-Est, très faillés : Tafat, Anini, Hellel, Matrona, Aïcel, Medjounes, massif de Djemila, djebel el Halfa. Cet autochtone a subi, *au moins*, un début d'écaillage dans la partie Nord-Ouest de la région (Béni Ourtilane).

L'unité de recouvrement inférieure est actuellement la mieux caractérisée et la plus étendue en affleurements. Elle est formée de tout le Sénonien, de l'Éocène inférieur, moyen et supérieur. Le Sénonien est plus marneux que dans l'autochtone, mais contient encore des niveaux calcaires à Inocérames bien individualisés, dans le Campanien. L'Éocène inférieur est constitué de calcaires à Globigérines épais (200 m), à silex rares et diffus, assez différents de ceux de l'autochtone (différence déjà soulignée par A. de Spengler dans la région de Bordj bou Arriéridj). L'Éocène moyen et supérieur ont déjà été décrits ([1]). Le contact anormal de cette unité sur l'autochtone est bien visible partout, il est souligné par des lentilles du complexe « triasique » alignées régulièrement. En certains points (Périgotville, Aïn Abessa) la disposition structurale est nette : couches sénoniennes, éocènes, coupées en biseau, reposant par la tranche sur le complexe triasique subhorizontal. Il est impossible de discerner des directions de plis cohérentes dans cette unité.

Postérieurement à sa mise en place, cette unité inférieure a été replissée et faillée, surtout autour des zones surélevées de Cénomano-Turonien autochtone (région de Lafayette et d'Aïne Roua).

Les unités plus élevées sont moins nettement individualisées. Sur la feuille Aïne Roua nous avons observé deux véritables « klippes », ceinturées de Trias, constituées de Campanien et de Maestrichtien riches en microfaune (série de Chabet Er R'erib, au Nord-Ouest de Lafayette), épais de plus de 1200 m. Les masses calcaires y ont disparu, ce sont des marnes olivâtres à nombreuses petites lentilles de marno-calcaire bleu à patine rousse, surmontées d'un flysch calcareux en bancs très minces riches en *Globotruncana*. Ces « klippes » étendues (4×14 km en moyenne) se superposent à l'unité inférieure ou à l'autochtone, ou aux deux à la fois. Elles sont elles-mêmes surmontées d'une autre unité constituée de Sénonien marno-gréseux à faciès flysch, déjà décrit (série de Ras el Fedh) ([2]).

En ce qui concerne, enfin, la série dite « numidienne » le problème est plus complexe. Nous avons observé, à l'Est d'Aïne Roua, les bancs gréseux oligocènes (faciès « numidien ») coupés en biseau, reposant sur l'unité inférieure par l'intermédiaire d'une lame de Trias discontinue. Autour du djebel Mégriss, il existe, entre la série oligocène (« numidienne ») plus ou moins complète, et les marnes noires (Éocène supérieur) de l'unité

([1]) G. Glaçon et J. Glaçon, *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 1053.

([2]) G. Glaçon et J. Glaçon, *Comptes rendus*, 241, 1955, p. 1480.

inférieure, des lambeaux de l'unité intermédiaire à Sénonien type Chabet Er R'erib. Nous avons observé dans la même position structurale des marnes gris bleuté à belle microfaune de l'Éocène supérieur (zone à *Applinella*).

Toutes ces observations montrent la complexité de la région située entre Sétif et la chaîne des Babors. Sur des plis que nous considérons provisoirement comme autochtones, s'étend une première unité affleurant, d'Ouest en Est, sur plus de 90 km de longueur. Les deux unités suivantes ne subsistent qu'en quelques lambeaux. L'unité « numidienne » supérieure est assez restreinte par suite de l'intensité de l'érosion.

L'origine de ces unités de recouvrement reste encore à préciser, faute d'arguments décisifs. Mais pour l'unité des « klippes », le déplacement a atteint au moins la largeur de la feuille Aïne Roua (20 km du Nord au Sud) et davantage encore pour l'unité constituée de Sénonien marno-gréseux (série de Ras el Fedh). Quoi qu'il en soit, les phénomènes rapidement décrits dans cette Note présentent une identité certaine avec ceux mis en lumière dans d'autres parties du tell algérien par les travaux de M. Kieken, A. de Spengler, A. Caire, M. Mattauer, J. Polvèche, L. David, R. Busnardo et, tout récemment, par M. Durand-Delga (nappe de Guerrouch). La région de Sétif constitue ainsi un jalon et sa structure rentre bien dans le cadre plus général de la structure du tell algérien, telle que des levers détaillés la font apparaître : une zone d'empilement d'unités de recouvrement d'origine plus ou moins bien précisée.

GÉOLOGIE. — *Stratigraphie du Dévonien du Tasili n'Ajjer* (*Sahara central*). Note (*) de M. **Jean-Michel Freulon**, présentée par M. Pierre Pruvost.

Le Dévonien forme tout le versant septentrional du Tasili n'Ajjer entre la région d'Amg'id et de l'Ir'arr'ar d'une part, et la frontière libyenne de l'autre, constituant ainsi la majeure partie de l'Eg'elé Ta-n'Elak, de l'Adrar Esaoui Mellen et de l'Adrar Ti-n'Tour'aouin, ainsi que les Tasilis externes du Tamelrik, du Fadnoun et du Tang'et. Il est resté assez mal connu jusqu'à ces dernières années. Hormis certaines observations de M. Lelubre, les seules données que l'on possédait étaient très anciennes et fort incomplètes : résultats de la première mission Flatters (Ing. Roche) et surtout reconnaissance de F. Foureau (faunes étudiées par E. Haug) (1).

J'ai pu étudier ce Dévonien au cours de plusieurs reconnaissances

(*) Séance du 14 novembre 1955.

(1) F. Foureau, *Documents scientifiques de la mission saharienne Foureau-Lamy*, Masson, Paris, 1904-1905.

effectuées de 1950 à 1955; on y retrouve la stratigraphie maintenant classique des séries dévoniennes des Tasilis du Nord de l'Ahaggar ([2]).

1. Dévonien inférieur. — Il est difficile de préciser une limite entre le Dévonien et le Gothlandien; celui-ci se termine par des alternances d'argiles vertes, gypseuses, et de grès fins avec de nombreux *Problematica* et de rares Lamellibranches. Puis vient l'ensemble des « Grès supérieurs » que l'on peut attribuer en presque totalité au Dévonien. Il est formé de grès clairs, plus grossiers, à stratification entrecroisée très fréquente; leur faciès est remarquablement constant dans tout le Tasili n'Ajjer. Vers le haut de la série, principalement vers l'Est, apparaissent des grès rouges, à stratification entrecroisée et surfaces ferrugineuses (Fadnoun).

Au-dessus de ces « grès supérieurs » existe un mince niveau de grès, quelquefois grossiers, passant même à un petit conglomérat à galets ferrugineux; par endroits, ces grès renferment une faune très abondante : *Spirifer arduennensis*, *Sp. paradoxus*, *Sp. pellicoi*, *Sp. pseudospeciosus*, *Tropidoleptus rhenanus*, *var. sahariana*, etc. C'est la faune de la transgression de l'Emsien supérieur des Tasilis du Nord.

Le Dévonien inférieur diminue de puissance assez régulièrement vers l'Est : de près de 600 m dans la région d'Iraseg'en et d'Aïn el Hadjadj, il passe à 300-400 m entre Fort-Polignac et Tarat, pour disparaître complètement vers le Tihemboka.

2. Dévonien moyen. — *a. Eifélien.* — Il est représenté par une alternance de grès fins, micacés, lités et d'argiles vertes. Certains niveaux sont assez fossilifères, avec notamment : *Tropidoleptus rhenanus*, *var. sahariana*, *Stropheodonta sp.*, *Homalonotus sp.*, *Spirifer speciosus*, des fragments de poissons et des *Arthrophycus*; on peut noter l'apparition des premiers *Spirophyton*.

b. Givétien probable. — Au-dessus de ces niveaux gréseux, une dalle de calcaires fétides, ocres ou bleutés, avec des Rhynchonelles, des Orthis ainsi que de nombreuses Goniatites, malheureusement indéterminables, semble l'homologue des dalles de calcaires azurés du Givétien de l'Immidir. Apparaissant à l'Est de l'Eg'élé Ta-n-Elak, cette dalle se suit ensuite de la région d'Aïn el Hadjadj jusqu'au Nord de Fort-Polignac, mais disparaît plus à l'Est.

Ce Dévonien moyen forme les flancs de l'Eg'élé Ta-n-Elak, ainsi que les petits bassins synclinaux compris entre l'Adrar Esaoui Mellen et l'Adrar Ti-n-Tour'aouin. Plus à l'Est, on le retrouve dans la région de l'oued Samen, puis sur tout le flanc Nord des Tasilis externes, depuis les Ir'arr'aren jusqu'à l'oued Imir'ou. Il disparaît vers Anou I-n-Akéout; son épaisseur dépasse rarement 100 m de puissance.

([2]) J. Follot, Ahnet et Mouydir, *Monographies rég.*, *XIXe Cong. Géol. Int.*, Alger, 1952.

3. Dévonien supérieur. — *a. Frasnien.* — On peut lui attribuer une série de schistes argileux, gris-bleutés, avec de minces lits gréseux à traces problématiques, ripple-marks; on y trouve plusieurs niveaux de calcaires très fossilifères : *Spirifer verneuilli*, *Sp. mesacostalis*, *Tropidoleptus carinatus*, *Tentaculites sp.*, etc. (100 à 150 m d'épaisseur).

b. Famennien probable. — Il serait représenté par des grès massifs, grossiers, à stratification souvent entrecroisée. Ces grès renferment, vers la base, de nombreux niveaux ferrugineux; à leur partie supérieure, ils ont fourni quelques bois (*Lepidodendropsis*) et de rares fragments d'Arthrodires (50 à 100 m d'épaisseur).

Au Nord des Ir'arr'aren, le Dévonien supérieur forme la falaise de l'Adrar Iliren, homologue de la côte prétassilienne de l'Ahnet et de l'Immidir (J. Follot). Vers l'Ouest, on le retrouve en témoins isolés jusqu'à l'Eg'élé Ta-n-Elak; ses faciès sont alors nettement plus continentaux. Vers l'Est, il se réduit très rapidement à un ensemble de grès ferrugineux, puis disparaît totalement entre Anou I-n-Akéouet et Anou Soug'ed.

Cette série dévonienne est presque identique à celle des Tasilis du Nord de l'Ahaggar. Cependant, les puissances de plus en plus réduites vers l'Est, les intercalations continentales plus fréquentes, montrent l'approche des zones émergées. Si, pour le Dévonien moyen, on retrouve les traces d'une transgression à l'Est du Tadrart, et jusqu'au Kaouar, par contre, il semble bien qu'au Dévonien supérieur les mers n'aient pas dépassé le Tasili n'Ajjer.

Plus à l'Est, dans la région du Tihemboka et de la frontière libyenne, des mouvements calédoniens peu intenses, mais de vaste amplitude, sont responsables de la disparition du Dévonien. On arrive déjà en bordure du domaine libyen, caractérisé par une assez grande complexité de la paléogéographie.

GÉOGRAPHIE PHYSIQUE.— *La plage ancienne de La Franca (Asturies).* Note (*) de M. **André Guilcher**, transmise par M. Henri Baulig.

La plage de La Franca, à rattacher sans doute au Bas-Monastirien ou Normannien, est surmontée d'un dépôt de pente attribuable à des actions périglaciaires würmiennes.

Sur la côte des Asturies, F. Hernandez-Pacheco [1] a mentionné entre Santander et Gijon, dans la petite baie de La Franca (feuille à 1/50 000e de Llanes, n° 32) une plate-forme ancienne située à 5-6 m d'altitude, taillée

(*) Séance du 21 novembre 1955.

[1] *C. R. Congr. Int. Géogr. Lisbonne*, **2**, 1949, p. 29-86 (*cf.* p. 58-59, 84, et *pl.* V B et VIII B).

dans des grès-quartzites tournaisiens, qu'il attribue à l'abrasion marine et qu'il décrit comme étant surmontée « d'alluvions d'une provenance continentale indubitable ». Il tend, sans affirmer, à dater ces dépôts du Villafranchien ou du Sicilien. La plate-forme de La Franca est bien en contre-bas des grands aplanissements côtiers (*rasas*) qui sont si remarquables dans les Asturies; elle est aussi bien plus réduite qu'eux.

Notre examen des affleurements de La Franca nous a conduit à des conclusions différentes de cet auteur. La plate-forme, elle, est bien due à l'abrasion marine, et présente par endroits des polis caractéristiques; elle monte doucement depuis le niveau des plus hautes mers jusqu'à environ 4 à 5 m au-dessus de celles-ci, au pied d'un grand escarpement (ancienne falaise) dans les grès-quartzites; mais elle est recouverte de deux dépôts absolument distincts l'un de l'autre. A la base, sur la plate-forme, on a une plage ancienne typique de 2 m environ de puissance, formée parfois de sable et surtout de galets bien roulés, avec médiane de dissymétrie 546 d'après les définitions de A. Cailleux (²); puis, au-dessus, un dépôt totalement anguleux, formé de blocs de grès-quartzites emballés dans une masse fine, atteignant jusqu'à 10 m d'épaisseur environ dans le bas, et revêtant toute la falaise fossile jusqu'à son sommet où il n'a plus que 0,40 m, dans une petite excavation ouverte à cet endroit.

Ainsi, il y a deux dépôts superposés et non un seul. Il est pour nous certain que les galets inférieurs sont une plage ancienne; le dépôt supérieur anguleux nous paraît être un dépôt périglaciaire, car il est en tout point comparable aux coulées de solifluxion des côtes de Cornwall et du Massif Armoricain, ce qui n'a rien d'étonnant puisque le climat actuel des Asturies n'est pas bien différent, sur la côte, de celui de ces régions. Le dépôt est moins épais en haut de l'abrupt côtier parce qu'on est là dans la zone d'ablation par gélivation, d'où le dépôt a coulé sur la pente. Il y a tout lieu de penser que la plage ancienne est un élément des cordons bas-monastiriens (normanniens, eemiens, ouljiens), représentés avec une abondance extrême sur les côtes de Picardie, de Cornwall, du Massif Armoricain, du Portugal, du Maroc atlantique, etc. (³), qu'on date du dernier interglaciaire, et qui sont aussi surmontés de coulées périglaciaires là où le climat s'y est prêté. Le dépôt anguleux supérieur serait alors

(²) *Bull. Soc. Géol. France*, (5), 15, 1945, p. 375-404.

(³) F. E. Zeuner, *Dating the Past*, Londres, Methuen, 2ᵉ éd., 1950; A. Guilcher, *Le relief de la Bretagne méridionale. Thèse*, Paris, La Roche-sur-Yon, 1948 (*voir* bibl.); G. Zbyszewski et C. Teixeira, *Boletim*, *Soc. Geol. Portugal*, 8, nᵒˢ 1-2, 1949, p. 1-6; M. Gigout, *Études géologiques sur la Meseta marocaine occidentale*, Rabat, 1951; A. Guilcher et F. Joly, *Recherches sur la morphologie de la côte atlantique du Maroc*, Tanger, 1954; etc.

würmien. La plage ancienne de La Franca est d'autant plus intéressante qu'elle semble, dans l'état des connaissances, isolée à ce niveau sur la côte asturienne, formant ainsi un jalon précieux. Nous pensons donc qu'il n'y a pas eu là de mouvements tectoniques au Quaternaire supérieur, ce qui n'en exclut pas la possibilité à cet endroit avant le Monastirien, ni en d'autres points des Asturies après le Monastirien.

Sur les rasas proprement dites, qui sont antérieures, il y a aussi par endroits des galets fort bien roulés que nous considérons comme marins : juste à l'Est du vallon de Villapedre, près de Luarca (Ouest de Gijon), nous avons trouvé dans ces galets une médiane de dissymétrie de 527 (la symétrie parfaite étant 500). Ceci est en accord avec les observations récentes de P. Birot et L. Solé-Sabaris (4).

SÉDIMENTOLOGIE. — *Évaluation du tonnage des sables apportés en suspension pendant les crues de la Loire en* 1955. Note de M. **Léopold Berthois**, présentée par M. Pierre Pruvost.

Pendant les crues de janvier-février 1955, la Loire a apporté, dans l'estuaire, plus de 200 000 t de sable en suspension. Ces sédiments se sont principalement déposés entre Donges et Saint-Nazaire.

Lors de la crue de la Loire, en décembre 1952, j'avais observé que le fleuve transportait, en suspension, non seulement des sédiments fins, mais aussi des matériaux de la dimension des sables, c'est-à-dire pouvant atteindre 1 mm de diamètre.

Pendant les crues de janvier et février 1955, des prélèvements ont été faits périodiquement à Mauves-sur-Loire (15 km en amont de Nantes) et à Nantes. Leur étude a montré que des quantités importantes de sable étaient transportées en suspension à 1 m du fond et que des quantités moindres, mais encore notables, pouvaient être recueillies à mi-profondeur.

Pour calculer les quantités transportées, j'ai construit une courbe représentant, en fonction du débit en mètres cubes par seconde, le poids du sable en suspension à 1 m du fond et à mi-profondeur.

J'ai également construit une courbe des teneurs en suspension en fonction de la profondeur. La forme de cette courbe m'a conduit à diviser la section transversale du fleuve, et, par conséquent, les débits enregistrés, en deux tranches :

(4) P. Birot et L. Solé-Sabaris, *Centre de Doc. Cart. et Géogr.*, *Mém. et Doc.* (Paris), 4, 1954, p. 7-61 (*cf.* p. 54).

a. une tranche inférieure représentant 1/4 du débit à laquelle sont applicables les teneurs en suspension à 1 m du fond;

b. une tranche supérieure représentant les 3/4 du débit à laquelle sont applicables les teneurs en suspension à mi-profondeur.

Les plus fortes teneurs observées, pour un débit de 4,750 m³/s sont les suivantes : 88 mg/l à 1 m du fond ; 12 mg/l à mi-profondeur.

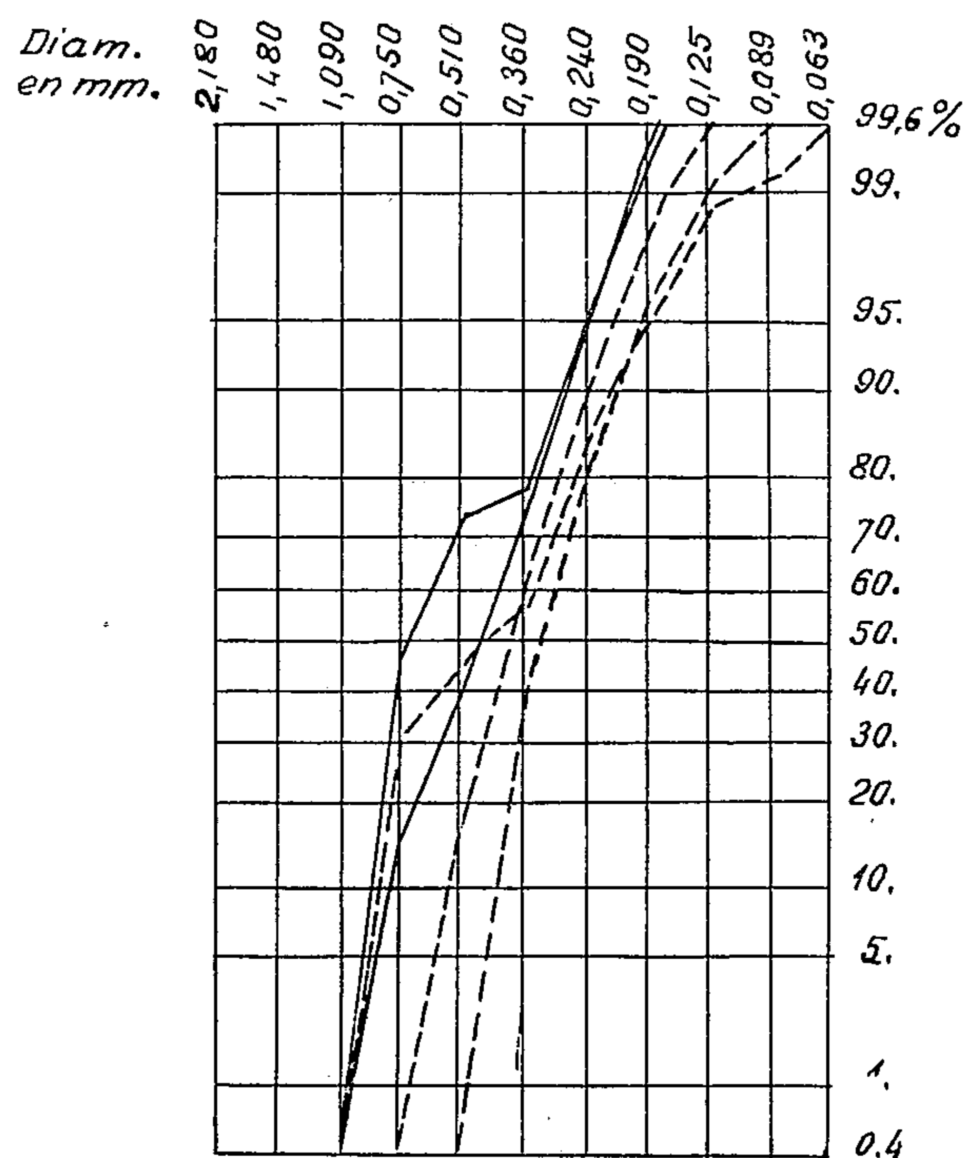
La granulométrie du sable recueilli a été déterminée par mesure directe des 12000 grains au microscope. Les résultats obtenus en pourcentages numériques on été traduits en poids. Les courbes cumulatives de quelques ensembles sont représentées ci-dessous :

Sables apportés en suspension.

		Poids en tonnes.	
Date.	Débit en 24 h (m³/s).	Tranche d'eau inférieure.	Tranche d'eau supérieure.
Janvier 16........	267 840 000	1 004,4	200,9
17........	298 944 000	3 437,8	896,8
18........	364 608 000	7 201,0	2 461,1
19........	397 440 000	8 544,9	3 278,9
20........	410 400 000	9 028,8	3 693,6
21........	409 536 000	8 907,4	3 685,8
22........	399 168 000	8 582,1	3 293,1
23........	387 072 000	8 128,5	2 903,0
24........	388 800 000	8 262,0	2 916,0
25........	397 440 000	8 544,9	3 278,9
26........	378 432 000	7 757,8	2 838,2
27........	336 960 000	5 812,5	2 021,8
28........	299 808 000	3 447,8	899,4
29........	266 112 000	798,3	199,6
Février 8........	293 760 000	3 011,0	881,3
9........	345 600 000	6 220,8	2 073,6
10........	368 928 000	7 378,6	2 767,0
11........	368 928 000	7 378,6	2 767,0
12........	384 480 000	8 074,1	2 883,6
13........	388 800 000	8 262,0	3 207,6
14........	368 928 000	7 378,6	2 767,0
15........	341 280 000	6 057,7	2 042,9
16........	331 776 000	5 557,2	1 741,8
17........	324 864 000	5 035,4	1 461,9
18........	290 304 000	2 757,9	653,2
	9 065 088 000	158 570,1	55 814,0
		214 384,1 t	

Ce premier calcul est approximatif car j'ai dû faire plusieurs hypothèses

simplificatrices. Mais ce qu'il importe de retenir c'est moins la valeur absolue du résultat que l'énorme apport de sable en suspension.



Granulométrie des sédiments en suspension :
Trait continu : à 1 m du fond; tirets : à mi-profondeur.

Les dosages faits entre Nantes et la mer ont montré que le maximum de sable transporté en suspension se situait vers le Pellerin et que le sable se déposait principalement entre Donges et Saint-Nazaire. C'est seulement dans ces régions que le flot se faisait sentir pendant les crues étudiées.

PALÉONTOLOGIE. — *Les Mastodontes miocènes de la péninsule Ibérique.* Note (*) de MM. **Frédéric-Marie Bergounioux** et **Fernand Crouzel**, présentée par M. Pierre Pruvost.

A. L'étude des Mastodontes miocènes de la péninsule Ibérique que nous avions effectuée d'abord au Portugal en 1950 [1] a été terminée en 1955 en Espagne. Les résultats de cette dernière révision sont présentés dans le tableau I.

(*) Séance du 21 novembre 1955.

[1] *Mém. Serv. Géol. du Portugal*, Nouvelle série, Mém. n° 1, Lisbonne, 1953.

TABLEAU I.

Répartition des Mastodontes espagnols durant le Miocène.

	Castille, Cerdagne, Urgel, Léon.				Catalogne, Calatayud, Teruel, Valence.		
	Vindobonien						
Nomenclature des espèces.	inf. à Burdigalien sup.	moyen.	supérieur.	Pontien.	Burdigalien.	Vindobonien.	Pontien.
Trilophodon olisiponensis	3	1	2	3	1	–	–
Trilophodon angustidens	2	5	5	4	3	1	1
» » *minor*	2	1	–	3	–	–	2
» » *gaillardi*	–	–	–	–	–	–	2
» » *imperfecta*	–	1	–	–	–	–	–
» » *major*	–	–	1	–	–	–	–
Tetralophodon longirostris	–	7	8	3	–	5	11
Zygolophodon pyrenaïcus	–	3	–	2	–	–	–
» » *aurelianensis*	1	3	–	1	–	–	–
Stegolophodon saldañensis	–	–	1	–	–	–	–
Serridentinus (*lusitanicus*)	–	5	–	–	1	–	–
Geisotodon ibericus	–	–	–	1	–	–	–
Turicius turicensis	–	–	–	–	1	–	5
Protanancus (*estremadurensis*)	–	–	–	–	–	–	2

Si l'on classe les 103 exemplaires étudiés suivant les régions, on obtient le résultat suivant : (tableau II)

TABLEAU II.

Répartition régionale des espèces strictement miocènes.

Nomenclature des espèces.	Castilles, Cerdagne, Urgel.	Catalogne, Calatayud-Téruel, Valence.
Trilophodon olisiponensis	9 soit 13 %	1 soit 3 %
Trilophodon angustidens	24 » 35	9 » 25
Tetralophodon longirostris	18 » 27	16 » 46
Zygolophodon pyrenaïcus	10 » 15	–
Stegolophodon saldañensis	1	–
Serridentinus (*lusitanicus*)	5 » 7	1 » 3
Geisotodon ibericus	1	–
Turicius turicensis	–	6 » 17
Protanancus (*estremadurensis*)	–	2 » 6

En Espagne, on peut donc établir trois régimes de peuplement :

1° ESPÈCES UBIQUISTES : *Trilophodon angustidens* avec sa variété *minor*, *Tetralophodon longirostris*.

2° ESPÈCES DE PLATEAUX ET DE MONTAGNES : *Trilophodon olisiponensis* (presque exclusivement), *Zygolophodon pyrenaïcus* et sa variété *aurelianensis*, *Serridentinus lusitanicus*.

3° ESPÈCES CÔTIÈRES MÉDITERRANÉENNES : *Turicius turicensis*, *Protanancus*, variété *gaillardi* de *Trilophodon angustidens*.

B. Les comparaisons établies entre le Portugal et l'Espagne (tableau III) permettent de diviser la péninsule ibérique en trois aires biologiques.

TABLEAU III. — *Comparaisons entre le Portugal et l'Espagne.*

Nomenclature des espèces.	Lisbonne.	Castilles, Urgel, Cerdagne.	Catalogne, Calatayud-Téruel, Valence.
Trilophodon olisiponensis	15 %	13 %	3 %
Trilophodon angustidens	45	35	25
Tetralophodon longirostris	2	27	46
Zygolophodon pyrenaïcus	4	15	–
Stegolophodon saldañensis	–	1,5	–
Serridentinus	25	7	3
Geisotodon ibericus	–	1,5	–
Turicius turicensis	4	–	17
Protanancus	5	–	6

Une *aire atlantique* : Trilophodontes et serridentinés dominants, peu de Zygolophodontinés, mais d'espèces diverses, quelques *Protanancus*.

Une *aire méditerranéenne* : Tétralophodontes dominants, *Trilophodon angustidens* nombreux, *Trilophodon olisiponensis* et *Serridentinus* rares, *Protanancus* peu nombreux et *Turicius turicensis* bien représenté, à l'exclusion de tout *Zygolophodon*.

Une *aire continentale* : où Tri- et Tétralophodontes sont presque aussi nombreux, où les Serridentinés ne sont pas négligeables et où *Zygolophodon* est bien représenté, à l'exclusion de tout *Turicius*.

GÉOPHYSIQUE. — *Sur l'épaisseur de l'écorce terrestre.*

Note (*) de M. **JEAN LAGRULA**, présentée par M. Pierre Lejay.

La séismologie révèle deux discontinuités séparant les couches dites granitique, intermédiaire et ultrabasique; la gravimétrie est interprétée à l'aide d'une seule discontinuité, entre l'écorce solide et le substratum (elle se prête mal à en déceler une seconde, à cause de la trop grande profondeur des masses idoines). Suivant le schéma séismologique moyen de Jeffreys ([1]), la couche granitique aurait 17 km et la couche intermédiaire 13 km d'épaisseur. Quant à la discontinuité gravimétrique, on la situe en général à la base de la couche

(*) Séance du 31 octobre 1955.

([1]) J. COULOMB, *La constitution physique de la Terre*, 1952, p. 76.

intermédiaire. Par exemple W. Heiskanen [2] trouve 30 km comme « meilleure valeur » de l'épaisseur T de l'écorce pour l'altitude zéro en utilisant comme critérium l'indépendance des anomalies a vis-à-vis de l'altitude z. Le rapport différentiel $\Delta a/\Delta z$ est alors nul.

Cette méthode, dont l'emploi est assez répandu, serait légitime si les anomalies avaient subi la correction « géologique ». Mais ce n'est pas le cas (et pour cause) et cette lacune implique comme nous allons le démontrer, pour les anomalies (calculées dans le système de l'équilibre réel supposé parfait) le fait d'être, statistiquement parlant, fonction croissante de z. En effet, dans les zones d'altitude élevée, l'érosion a mis au jour des matériaux déjà comprimés, donc de forte densité, tandis que les zones basses sont en moyenne recouvertes d'une sédimentation relativement légère. Nous sommes même en mesure, grâce à une publication de M. Orlando Vecchia [3], d'utiliser des valeurs numériques dont le caractère rudimentaire ne saurait nuire à notre recherche. En confrontant ce document et une carte hypsométrique, on constate que, pour $z \geq 1000^{m}$, la densité moyenne au-dessus du géoïde est environ 3,00 et que, pour z voisin de zéro, elle est environ 2,00; les masses compensatrices correspondant à ces écarts des densités superficielles par rapport à la densité-type 2,67 ont un effet différentiel négligeable, à cause de leur profondeur, dans le cas de reliefs accusés.

Un plateau ne pouvant rien nous apprendre sur $\Delta a/\Delta z$, les régions à examiner sont justement tourmentées : le travail de M. Heiskanen porte sur les Alpes, la Norvège, les Carpathes, etc. Pour calculer l'erreur sur a, due à l'omission de la correction « géologique », il faudrait être en mesure d'effectuer cette dernière; comme la détermination de cet effet, pour chaque station gravimétrique, est actuellement impossible, nous allons tirer parti des données précédentes en assimilant, suivant une méthode classique évidemment simpliste, une chaîne de montagnes à un prisme horizontal indéfini, dont la section droite (triangle isocèle), est représentée sur la figure ci-contre, où sont indiquées les notations. L'attraction en A, verticale par symétrique est : $4G\iint \delta z\, ds/\rho^2$, où G est le coefficient de l'attraction, δ la densité, ds un élément de la surface du triangle AHC, ρ le rayon vecteur d'origine A correspondant à cet élément. Une fois a calculé par le procédé usuel, la densité à faire intervenir (écart par rapport à 2,67) est, d'après Vecchia :

1° pour l'aire AA′H′H, $\Delta = 3{,}00 - 2{,}67 = 0{,}33$;

---

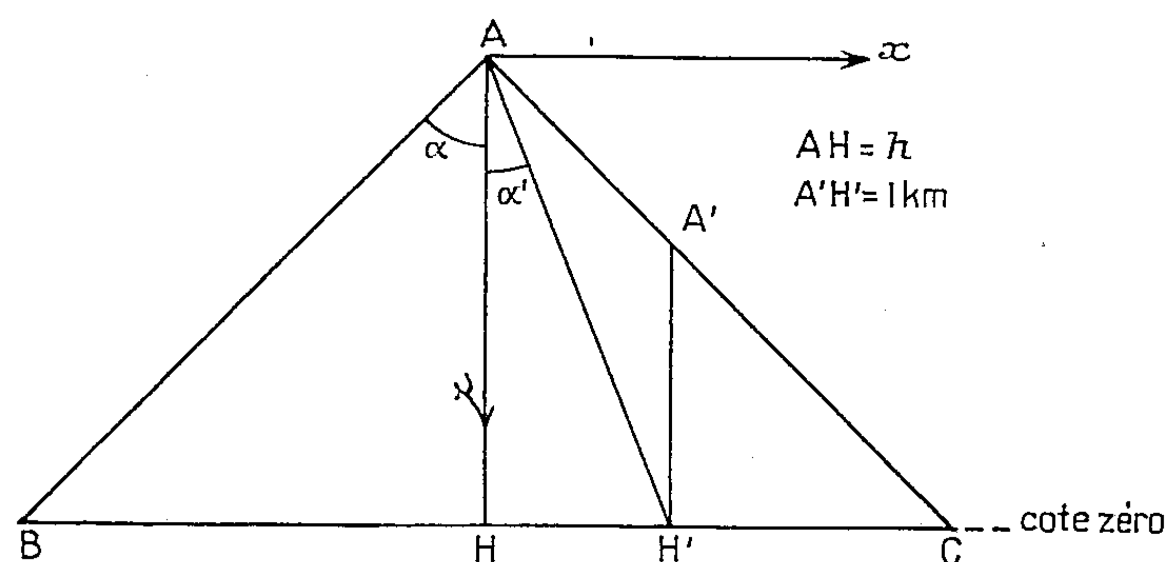
(2) *The geophysical applications of gravity anomalies* (*American Geophysical Union Transactions* 1953).

(3) *Carta della densita sino al livello del mare nell'Italia Settentrionale* (*Bolletino di Geodesia e Scienze Affini*, 1952).

2° pour l'aire A'H'C, une fonction décroissante de x, que nous pouvons d'autant mieux considérer comme linéaire que la partie de l'attraction correspondant à l'aire A'H'C est (le calcul le montre) peu importante. Sans entrer dans des détails qui ne sauraient trouver leur place ici, donnons l'expression de F

$$F = 4G\Delta h\alpha + \frac{2Gh}{\operatorname{tg}\alpha - \operatorname{tg}\alpha'}\left[\operatorname{Log}\frac{\cos\alpha'}{\cos\alpha} + \operatorname{tg}^2\alpha' \operatorname{Log}\frac{\sin\alpha}{\sin\alpha'} - 2(\alpha - \alpha')\operatorname{tg}\alpha'\right].$$

C'est évidemment une fonction de h et α, qui suffisent à définir la figure. Mais pour des valeurs plausibles de α, l'ordre de grandeur de $\Delta F/\Delta h$ dépend peu de h et de α; il est environ de 10 mgal par kilomètre d'altitude. Quant à l'attraction en C, elle est négligeable en première approximation. L'erreur



sur a due à l'omission des écarts par rapport à la densité-type est donc de l'ordre de 10 mgal par kilomètre d'altitude. Comme nous n'avons pas tenu compte des écarts analogues existant sous la cote zéro (en particulier des bassins de sédimentation), nous sommes fondés à penser que cette valeur de $\Delta a/\Delta z$ est inférieure à la valeur réelle.

Si l'on tient compte de ce fait, la recherche de la « meilleure valeur » de T, (²) conduit non plus à $T = 30$ km, mais à un peu moins de 20 km. Il serait vain, étant donnée la méthode employée, d'indiquer une profondeur à 1 km près. Il conviendrait de rechercher, pour chaque chaîne montagneuse, la valeur la plus plausible de Δ.

Conclusion. — Si la base de l'écorce terrestre mise en évidence par l'isostasie coïncide (ce qui paraît probable) avec une discontinuité séismologique, c'est avec celle qui sépare les couches granitique et intermédiaire; quant à celle qui sépare les couches intermédiaire et ultrabasique elle pourrait jouer, au point de vue isostatique, un rôle secondaire (sauf dans les zones privées de couche granitique, comme le seraient certains fonds océaniques).

OCÉANOGRAPHIE PHYSIQUE. — *Au sujet de la pénétration de la lumière dans la mer.* Note (*) de M. **Alexandre Ivanoff**, présentée par M. Jean Cabannes.

L'auteur a effectué en scaphandre autonome des mesures du coefficient d'extinction de l'eau de mer et du rapport U/V du flux lumineux diffusé vers la surface au flux transmis vers le fond, à l'aide d'un spectrographe en boîte étanche. Les résultats concernant le coefficient d'extinction de l'eau de mer complètent d'une façon satisfaisante ceux obtenus par M[lle] J. Lenoble dans l'ultraviolet.

Les résultats qui suivent (1) ont été établis à l'aide d'un spectrographe dont l'angle de champ est de l'ordre de 2 à 3°, disposé dans une boîte étanche et manié par un scaphandrier autonome le long d'une corde suspendue à une bouée, tendue par une lourde gueuse, et graduée en mètres. Les mesures ont été effectuées au mois de septembre, généralement entre 16 et 17 h et par un ciel sans nuages, à l'entrée de la rade de Villefranche, dans des eaux limpides, par 5, 10 et 20 m de profondeur. Lors des mesures du coefficient d'extinction de l'eau de mer, le spectrographe était orienté vers le zénith, d'abord en

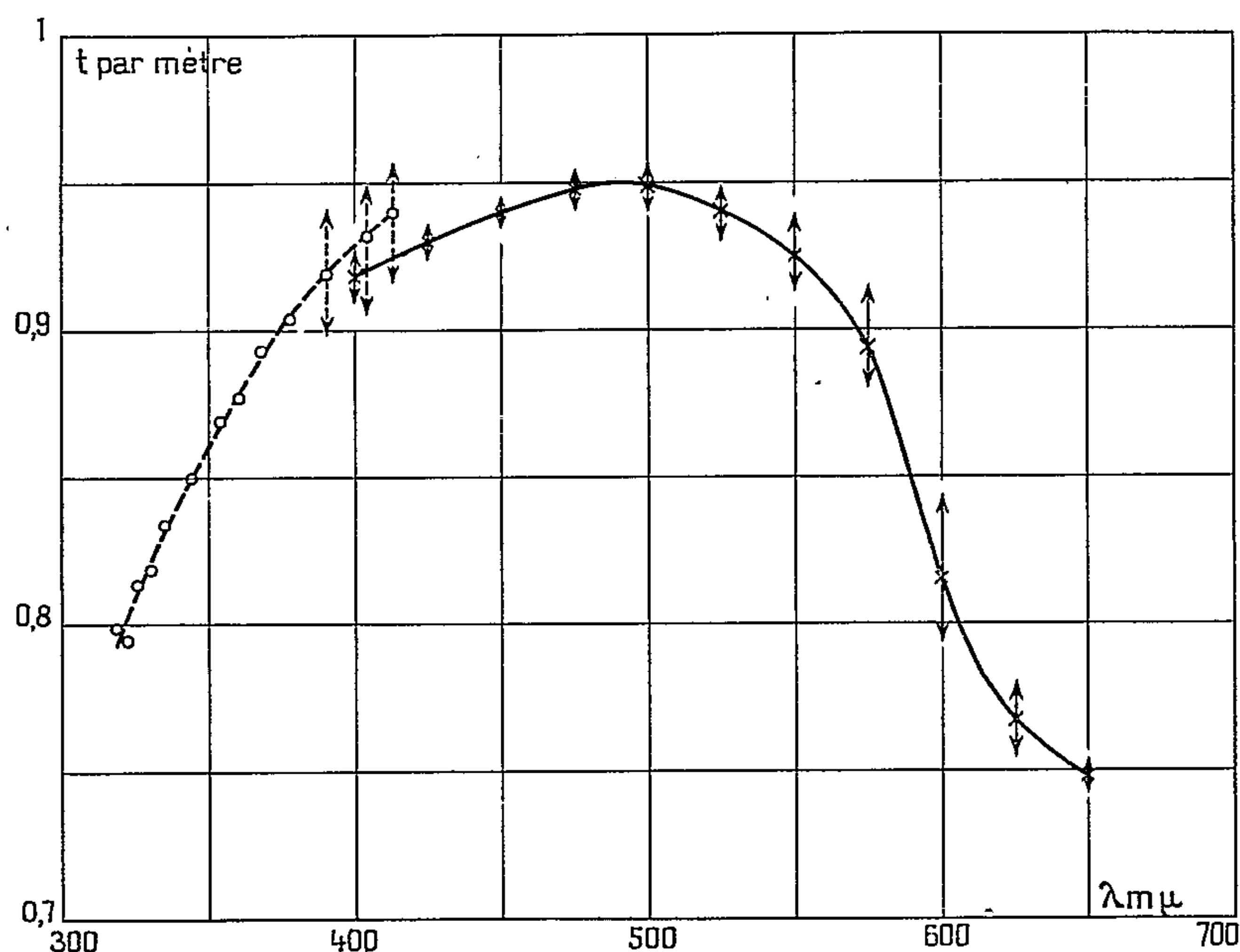


Fig. 1.

surface, puis en plongée. Lors des mesures du rapport U/V, on orientait le spectrographe successivement à la verticale vers le bas et à la verticale vers le haut (la boîte renfermant le spectrographe était munie de deux niveaux à

(*) Séance du 21 novembre 1955.

(1) Un exposé détaillé sera publié prochainement aux *Annales de Géophysique*.

bulle). A chaque station on photographiait quatre spectres avec des filtres neutres de densité croissante, le temps de pose étant toujours de 1 mn. Les plaques furent dépouillées à l'aide d'un microphotomètre.

La courbe en trait plein de la figure 1 indique la moyenne de cinq mesures (deux à 20 m et trois à 10 m de profondeur) du coefficient d'extinction moyen entre 0 et 20 m de fond, exprimé en facteurs de transmission par mètre, $t = \Phi/\Phi_0 = e^{-c}$. Les barres verticales indiquent la dispersion des résultats. En trait discontinu on a représenté les résultats obtenus dans l'ultraviolet par Mlle J. Lenoble [2] à la même époque, à Villefranche-sur-mer et à Monaco, à l'aide d'un spectrographe d'angle de champ du même ordre, immergé au bout d'un câble à des profondeurs ne dépassant pas 50 m (les barres verticales indiquent la dispersion des résultats dans le visible). L'accord est satisfaisant, et il est intéressant d'avoir l'ensemble de la courbe.

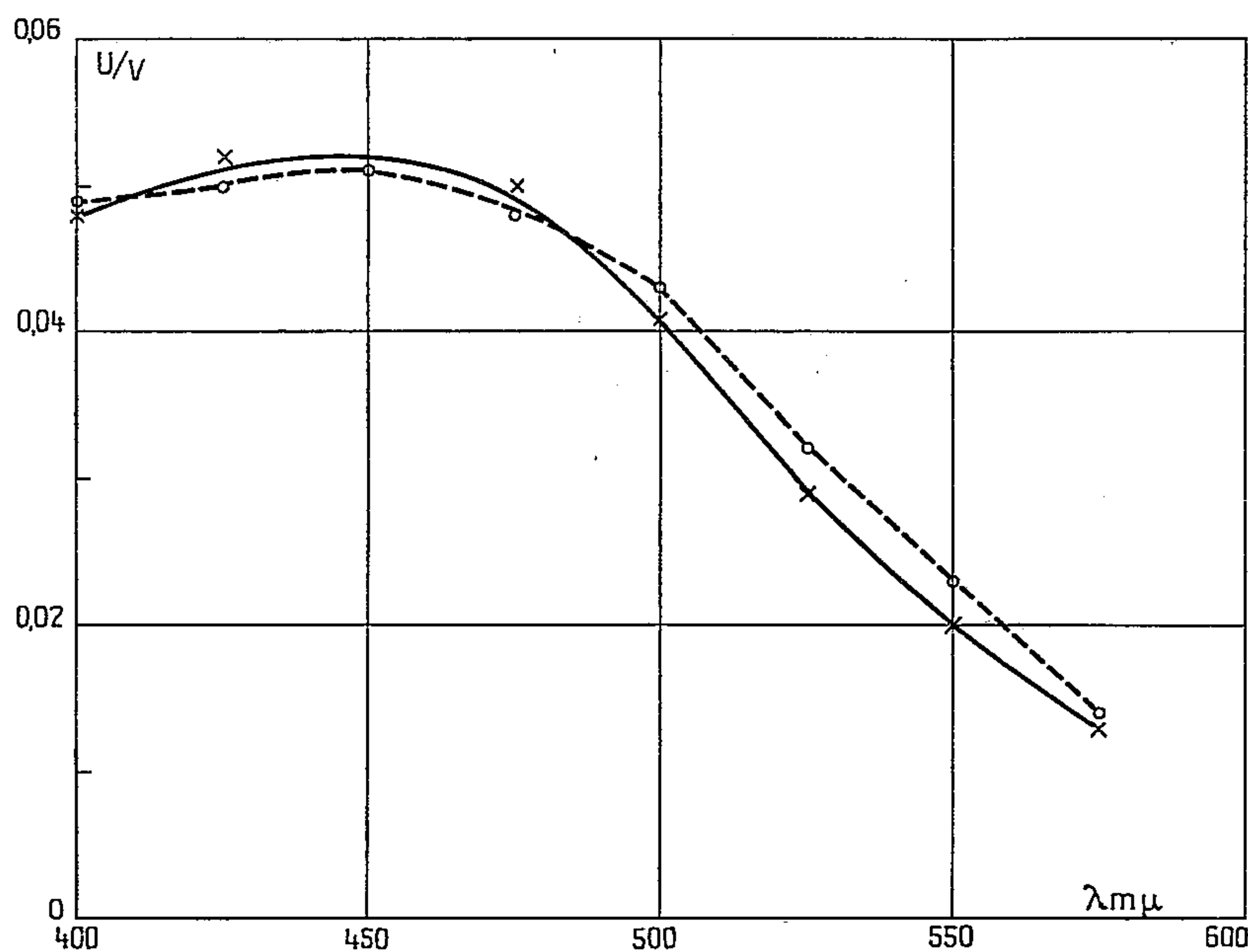


Fig. 2.

La figure 2 indique en trait plein la moyenne de deux mesures (ayant donné sensiblement les mêmes résultats) du rapport U/V. Nous avons montré antérieurement [3] qu'en se limitant à la diffusion primaire on a la relation simple ($U/V = \beta/2c$), où β est le coefficient de rétrodiffusion et c le coefficient d'absorption totale. La courbe en trait discontinu de la figure 2 indique la valeur ainsi

(2) *Comptes rendus*, 241, 1955, p. 1407 et aux *Annales de Géophysique* (sous presse).
(3) *Annales de Géophysique*, 9, n° 1, 1953, p. 26.

calculée du rapport U/V, en assimilant le coefficient d'absorption totale au coefficient d'extinction, et en prenant $\beta = 0{,}000804/\lambda^{2,5}$ (la longueur d'onde λ étant exprimée en microns). L'accord est satisfaisant.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Capacité de saturation en calcium des porte-greffes de vigne et résistance à la chlorose calcaire.* Note (*) de Mme **Denise Blanc-Aicard** et M. **Gustave Drouineau**, présentée par M. Maurice Lemoigne.

Les récentes observations concernant l'adsorption radiculaire des cations ont rendu classique la notion de capacité d'échange des racines. Celle-ci dépend du pH et du cation adsorbé. L'influence du cation sur le résultat de la mesure de la capacité d'échange est beaucoup plus importante pour les racines que pour les argiles. Dans le présent travail nous préférons donc employer le terme restreint de capacité de saturation en calcium.

L'étude des méthodes de mesure a fait l'objet d'un travail antérieur de l'un de nous ([1]). Après saturation par $Ca(NO_3)_2$ 0,05 N, on procède à l'échange de Ca par HCl 0,05 N pendant 3 mn. Le calcium est ensuite dosé dans la solution au photomètre de flamme. Cette technique est appliquée sur des racines vivantes isolées et le résultat est rapporté à la matière sèche. Les racines sont obtenues par culture des plantes sur sable quartzeux avec la technique des solutions coulantes très diluées.

Pour les espèces ou hybrides de vigne étudiés, nous avons utilisé les racines émises au cours de l'année, après rognage des racines du plant de pépinière à la mise en place dans les pots de culture sur sable.

On sait que la résistance au calcaire des vignes (*vitis vinifera*) greffées, est fonction du porte-greffe.

Pour les sols calcaires celui-ci est choisi d'après l'analyse du sol. La méthode actuellement employée mesure la surface approximative des grains calcaires contenus dans l'échantillon qui correspond à la solubilité carbonique de ceux-ci ([2]). L'échelle de résistance a été déterminée par P. Galet ([3]), elle indique la teneur approximative en calcaire actif, au-delà de laquelle une vigne greffée risque de chloroser.

Quand on compare la résistance à la chlorose calcaire à la capacité de saturation en calcium des racines des espèces ou des hybrides porte-greffes, on constate que ceux qui ont une capacité de saturation élevée (comme *vitis Riparia*) sont très sensibles à la chlorose. Par contre, ceux qui possèdent

(*) Séance du 21 novembre 1955.

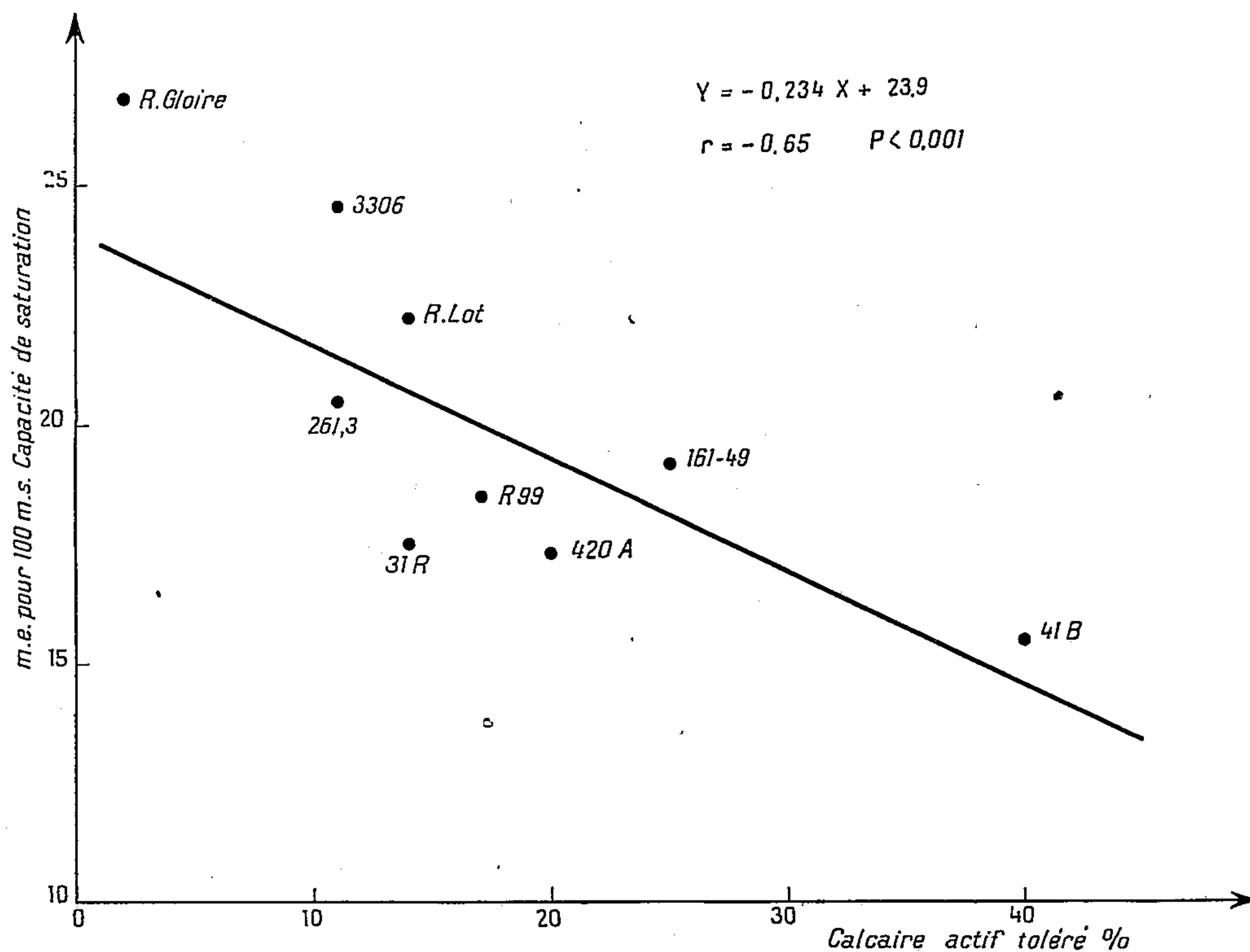
([1]) D. Blanc-Aicard, *Ann. Agr.* (nouv. série), 1955, p. 615.

([2]) G. Drouineau, *Ann. Agr.*, 1942, p. 441.

([3]) *Prog. Agr. et Vit.*, 1947, p. 128.

une faible capacité de saturation comme 41 B (*vitis vinifera* × *vitis Berlandieri*) sont très résistants.

La relation entre la capacité de saturation en Ca et la résistance à la chlorose, figure dans le graphique ci-dessous.



Relation entre la capacité de saturation des racines de porte-greffes de vignes et leur résistance au calcaire.

ORIGINE DES PORTE-GREFFES ÉTUDIÉS.

Riparia Gloire.

3 306........ *Riparia* tomenteux × *Rupestris* Martin de Couderc
216-3........ *Solonis* × *Rupestris* du Lot de Castel

Rupestris du Lot.

31 R......... *Berlandieri* Resseguier 2 × *Solonis* (*Novo Mexicana*) de Richter
R 99......... *Berlandieri* Las Sorres × *Rupestris* du Lot de Richter
420 A........ *Riparia* × *Berlandieri* de Millardet et Grasset
161-49....... *Riparia* × *Berlandieri* de Couderc
41 B......... *Chasselas* × *Berlandieri* de Millardet et Grasset

(Sur le graphique ne figurent que les points représentant les valeurs moyennes des capacités de saturation. La régression a été calculée sur l'ensemble des déterminations, au nombre de 26.)

Les mesures de capacité de saturation ont été répétées deux années de suite sur des porte-greffes d'origine différente. Malgré l'insuffisante précision des données concernant la résistance, la relation observée montre que l'on peut différencier les porte-greffes dès le premier stade de la nutrition minérale et par conséquent avant tout essai cultural.

Bien que l'activité respiratoire des racines du végétal, le métabolisme des acides organiques et la sensibilité à la tension de CO_2 dans le sol, interviennent dans la chlorose, les propriétés d'adsorption de la racine apparaissent comme un facteur important. On disposerait donc d'une nouvelle méthode d'approche pour l'étude de cette maladie physiologique qui se prêterait également à un examen plus approfondi de certaines observations écologiques.

PALÉOBOTANIQUE. — *Le genre* Crossotheca *Zeiller*.

Note de M. **Jacques Danzé**, présentée par M. Pierre Pruvost.

De récentes observations de fructifications de fougères appartenant au genre *Crossotheca* Zeiller permettent de préciser l'architecture de cette fructification et d'en donner une nouvelle définition.

Créé en 1883 par Zeiller (1) pour caractériser une « disposition particulière des sporanges pendant sous forme de frange au bord des segments fertiles », ce genre était rapporté par son auteur à la classe des fougères. Quelques années plus tard, Kidston (2) détermina comme *Sphenopteris Hœninghausi* Brongniart une plante portant des fructifications du genre *Crossotheca*. Or, à cette époque, Oliver et Scott (3) venaient de décrire des axes de *Lyginodendron oldhamium* associés à une graine de Ptéridospermée : *Lagenostoma Lomaxi* et tout faisait prévoir qu'il s'agissait là d'éléments appartenant à la même plante. D'autre part, il avait été montré que *Lyginodendron oldhamium* devait avoir pour feuillage stérile *Sphenopteris Hœninghausi*. Kidston effectua la synthèse de cet ensemble et fit de *Sph. Hœninghausi* une Ptéridospermée ayant pour axes *Lyginodendron oldhamium*, pour fructification mâle *Crossotheca Hœninghausi* et pour fructification femelle *Lagenostoma Lomaxi*. Par la suite, la plupart des auteurs, contestant la détermination de Kidston, placèrent de nouveau *Crossotheca* parmi les fougères et cette opinion est actuellement généralement admise. Cette fructification était toujours décrite comme un ensemble formé d'un pédicelle, d'une plaque de forme variable : l'épau-

(1) *Ann. Sc. nat.*, *Botanique*, 16, 1883, p. 180.
(2) *Proc. roy. Soc.*, London, Séries B, 76, 1905, p. 358.
(3) *Proc. roy. Soc.*, London, Séries B, 71, 1903.

lette, considérée comme le reliquat ou le résultat de la transformation du limbe stérile et sous laquelle pendaient des sporanges formant une frange. Ces sporanges, que seul Zeiller décrit comme légèrement pédicellés (chez *Cr. Crepini*), étaient coalescents chez la fructification jeune et s'écartaient à la maturité.

Quelques mois après Zeiller, Stur (4) figura sous le nom de *Sorotheca* une fructification qu'il reconnut par la suite être identique à *Crossotheca.* Mais l'interprétation qu'il en donnait était différente : au lieu de considérer la « frange » située à la partie inférieure de l'épaulette comme formée de sporanges, Stur disait qu'il s'agissait en réalité de « volets » qui, réunis avant la maturité, formaient une chambre sporangifère dans laquelle se développaient les sporanges; à la maturité, les volets s'écartaient et les sporanges s'ouvraient, laissant s'échapper les spores. Stur rangeait le genre *Sorotheca* parmi les fougères.

La position systématique de *Crossotheca* fut donc très souvent l'objet de recherches, mais l'architecture de cette fructification fut négligée : les auteurs s'en tenaient fidèlement à la diagnose de Zeiller. La révision des collections de *Sphenopteris* du Musée houiller de Lille a permis d'observer certains faits qui précisent l'habitus de cette fructification. Un échantillon fertile de *Cr. Crepini* montre, d'une part, une épaulette conservée de profil et sur laquelle sont visibles des sporanges allongés, effilés à leur extrémité inférieure, légèrement pédicellés et en tous points semblables à ceux décrits et figurés par Zeiller en 1883 (*pl.* 9, *fig.* 6). Ces sporanges sont de petite taille : longueur sensiblement égale à 1 mm, largeur maximum de l'ordre de 0,2 mm. D'autre part, certaines épaulettes, situées non loin de la première, ont subi un écrasement dans le plan horizontal et montrent leur face inférieure. On distingue alors sur ces fructifications, qui ont la forme circulaire caractéristique de l'espèce, six lignes radiaires en relief, se rejoignant au centre et allant jusqu'au bord de l'épaulette. Les éléments délimités par ces lignes ne peuvent en aucun cas être confondus avec des sporanges, car l'examen de la fructification citée plus haut a montré que ces derniers sont de taille beaucoup plus réduite et qu'ils ont des points d'attache nettement différents. Dans ces conditions, il ne peut s'agir que de « volets » entourant le groupe de sporanges et attachés sur le pourtour de l'épaulette. *Crossotheca* a donc une allure correspondant à l'ensemble de *Crossotheca* Zeiller et de *Sorotheca* Stur, c'est-à-dire que cette fructification est représentée par une épaulette portant sur sa face inférieure des sporanges légèrement pédicellés, mais possédant également des « volets » entourant le groupe de sporanges. De nombreuses vérifications sur des échantillons de *Cr. Crepini* ont confirmé cette observation.

(4) *Sitzb. k. Akad. wiss.*, Wien, 1883.

En plus, l'examen de pennes fertiles de *Cr. Boulayi* Zeiller et *Cr. schatzlarensis* Stur ont permis d'observer des architectures analogues.

L'épaulette de *Cr. schatzlarensis* étant très peu différente de celle de *Cr. Crepini*, ses volets sont identiques et au nombre de six, tandis que, chez *Cr. Boulayi*, les volets, beaucoup plus nombreux, se rejoignent, non pas en un point commun, mais selon une ligne. La fructification prend alors l'allure d'un toit renversé ou d'une coque de navire, renfermant les sporanges.

Lorsqu'au cours de la fossilisation les volets, ainsi que leurs lignes de contact, ont été superposés aux sporanges, l'ensemble devient extrêmement confus et il est très difficile de distinguer les uns des autres ces différents éléments. D'autre part, les volets devaient être très minces, formés vraisemblablement d'une seule assise de cellules, car une fructification de *Cr. Boulayi* montre, en surimpression sur des silhouettes de sporanges, un reticulum cellulaire très net, provenant des volets et correspondant, selon toute évidence, à la fossilisation d'une seule assise de cellules.

Ces observations nous conduisent à donner de *Crossotheca* la nouvelle définition suivante :

« Fructification de fougère, composée d'un pédicelle se terminant en biseau au-dessus d'un disque charnu plus ou moins allongé, en forme d'épaulette, portant sur son pourtour des volets très fins, fermés à l'état jeune et déterminant une chambre sporangifère; ils s'écartent à la maturité et permettent aux sporanges de laisser échapper leurs spores. Sporanges sans anneau, allongés, généralement effilés à leur partie inférieure, fixés à l'extrémité de nervules sur la face inférieure de l'épaulette et faiblement pédicellés. Les pédicelles peuvent se diviser et porter deux sporanges. »

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Pigments des chloroplastes et photosynthèse*. Note de MM. **Eugène Roux, Jacques Duranton, Jean Galmiche** et **Pierre Robin**, présentée par M. Maurice Lemoigne.

Cette Note préliminaire a pour but de faire apparaître les relations globales existant entre le métabolisme de la cellule chlorophyllienne et la composition spectrale de la lumière responsable de l'assimilation du gaz carbonique de l'air par les plantes supérieures.

Cinquante plants de Physalis aussi identiques que possible ont été répartis en cinq groupes de dix qui furent exposés pendant 8 h à des lumières de même intensité énergétique mais de composition spectrale différente.

Les plantes du premier groupe reçurent une lumière filtrée par un filtre

Wratten n° 59 dont le spectre d'absorption correspond à celui de l'ensemble des chlorophylles *a* et *b in vivo*.

Les plantes du second groupe reçurent une lumière filtrée par un filtre Wratten n° 75 qui laisse passer les seules bandes d'absorption du carotène.

Les plantes du troisième groupe reçurent une lumière filtrée par un filtre Wratten n° 35 qui laisse passer les seules bandes d'absorption des chlorophylles.

Les plantes du quatrième groupe reçurent une lumière filtrée par une solution de β carotène dans l'acétone.

Les plantes du cinquième groupe furent exposées en lumière blanche.

L'égalité de l'intensité énergétique de ces différents rayonnements fut vérifiée à l'aide d'un bolomètre Volochine.

Dans chaque groupe, les plantes séjournèrent 1 mn dans une atmosphère renfermant du $^{14}CO_2$ puis après des illuminations ultérieures s'échelonnant de 3 mn à 3 h, toujours sous filtre, mais dans l'air ordinaire ne renfermant plus de $^{14}CO_2$, elles furent plongées dans l'azote liquide.

Les feuilles furent séparées, broyées dans l'appareil de Poter en chambre froide à 4° et une centrifugation à froid permit de précipiter les éléments figurés.

Selon une technique déjà décrite ([1]) on sépara à partir des éléments figurés les différents pigments, les lipides, l'amidon et les acides nucléiques, et dans le surnageant, les acides aminés, les acides organiques et les glucides. On étudia alors les modifications de la répartition du ^{14}C au sein de ces différents groupes de substances résultant des différences quantitatives de l'éclairement.

Les analyses détaillées de certaines des fractions ci-dessus énumérées sont en cours mais dès maintenant, on peut dire que par rapport aux plantes se développant en lumière blanche :

1° Les plantes des deux premiers groupes, c'est-à-dire celles recevant une lumière non susceptible d'être absorbée par la chlorophylle voient le ^{14}C du CO_2 s'accumuler préférentiellement au début au sein des acides aminés et ultérieurement des oses sans que la polymérisation en amidon puisse s'effectuer. Celle-ci se fait au contraire, normalement, dès que la lumière reçue par la plante renferme les longueurs d'onde correspondant aux bandes d'absorption de la chlorophylle.

2° Chez les feuilles jeunes des plantes placées sous filtre de carotène, le ^{14}C s'intègre beaucoup plus lentement dans les acides nucléiques.

3° Enfin, la radioactivité des différents pigments est toujours plus faible chez les plantes des quatre premiers groupes recevant une lumière filtrée.

Des résultats plus détaillés seront publiés prochainement.

([1]) E. Roux et C. Tendille, *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 1261.

PHYSIOLOGIE. — *Effet de la teneur du régime alimentaire en calcium sur la sensibilité du Cobaye à l'histamine.* Note (*) de MM. **Guillaume Valette** et **Carlos Eduardo Calderon**, présentée par M. René Fabre.

Ce travail montre que la sensibilité du Cobaye à l'histamine administrée sous forme d'aérosols varie notablement avec le taux du calcium dans l'alimentation; l'administration de quantités élevées de sels de calcium rend résistants les cobayes qui se montraient sensibles et, réciproquement, la suppression de la plus grande partie du calcium du régime rend sensibles les animaux qui se montraient résistants.

Des circonstances fortuites nous ayant permis d'observer que de tout jeunes cobayes, récemment sevrés, selon toute vraisemblance, résistaient à l'action bronchoconstrictrice d'une solution d'histamine à 2 ‰ administrée sous forme d'aérosol, nous nous sommes demandé si cette résistance des animaux était imputable aux effets du régime lacté et, par voie de conséquence, aux sels de calcium apportés par ce régime.

Pour essayer de résoudre la question posée, nous avons entrepris une première expérience sur 12 animaux de 150 à 200 g, qui s'étaient montrés résistants au cours d'essais préliminaires. Quatre de ces animaux servant de témoins (T) ont reçu le régime habituel (choux et provende « Sorolabo »), alors que les huit autres (E) ont été soumis à un régime pauvre en calcium (pommes crues et riz poli cuit). Au bout de cinq jours, nous avons constaté que les quatre animaux témoins résistaient toujours à l'action de l'aérosol d'histamine (c'est-à-dire qu'aucun effet toxique n'apparaissait au bout de 10 mn), alors que les animaux qui avaient été privés de calcium étaient devenus sensibles, des signes de bronchospasme s'étant manifestés chez tous ces animaux, en des temps variant entre 1 mn 20 s et 3 mn 20 s.

Les jours suivants, les quatre cobayes témoins (T) ont été mis au régime hypocalcique, tandis que les huit autres (E) ont été ramenés au régime normal, additionné de lait condensé. Or, parmi les animaux du lot T, deux sont devenus sensibles à l'histamine au bout de cinq jours (bronchospasmes apparus en 2 mn 25 s et 3 mn). Quatre jours après, les deux autres animaux ont recouvré un certain degré de sensibilité (bronchospasmes en 4 et 8 mn).

En ce qui concerne les huit autres animaux (E), quatre d'entre eux étaient devenus résistants au bout de cinq jours, les quatre autres cédaient encore aux effets du bronchospasme, mais toutefois pour des temps d'exposition à l'aérosol nettement accrus (1 mn 25 s à 3 mn 30 s au début de l'expérience, 3 mn 30 s à 8 mn 20 s à la fin).

Afin de préciser la nature du facteur en cause dans l'apparition ou la

(*) Séance du 21 novembre 1955.

disparition de la résistance des animaux à l'histamine, nous avons entrepris une deuxième expérience en modifiant les régimes des animaux par la simple addition de gluconate de calcium.

Dix cobayes de poids compris entre 150 et 200 g qui s'étaient montrés résistants à l'histamine à la réception ont été soumis à un régime hypocalcique jusqu'à ce qu'ils devinssent tous sensibles aux effets du toxique, ce qui a demandé cinq à six jours. A sept de ces animaux, nous avons administré par voie buccale 100 mg de gluconate de calcium par jour pendant six jours et nous avons constaté que la résistance à l'histamine apparaissait chez six de ces animaux (au bout de deux jours pour le premier et le deuxième, au bout de trois jours pour le troisième et le quatrième, au bout de cinq jours pour le cinquième et le sixième). Chez ces six animaux, aucune manifestation de bronchospasme n'est apparue au bout de 10 mn. Pour le septième, le temps d'apparition du bronchospasme s'est accru seulement de 2 mn 20 s à 6 mn 30 s.

Les résultats de cette deuxième expérience ont été confirmés en administrant du gluconate de calcium à la même dose que ci-dessus à quatre animaux qui présentaient lors de leur arrivée au laboratoire une sensibilité normale à l'histamine. Deux de ces animaux sont devenus complètement résistants au bout de quatre jours de ce traitement; chez les deux autres, le temps d'apparition du bronchospasme s'est accru nettement (de 2 mn 20 s à 8 mn 30 s et de 2 mn 20 s à 6 mn 20 s, respectivement en six jours).

De cet ensemble de résultats, nous pouvons tirer la conclusion que, conformément à l'hypothèse formulée au début, l'administration de sels de calcium au Cobaye confère à cet animal une résistance très nette à l'égard des effets bronchoconstricteurs de l'histamine administrée par voie pulmonaire, et les résultats d'expériences actuellement en voie d'achèvement, nous permettent d'émettre des conclusions analogues dans le cas où l'histamine est introduite chez le Cobaye par voie intraveineuse.

PHYSIOLOGIE. — *Diabète passager et diabète permanent après pancréatectomie subtotale chez le Canard.* Note (*) de M. **Pierre Mialhe**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

Nous avons montré ([1]) que la pancréatectomie totale entraîne, chez le Canard, une hypoglycémie mortelle. Ce résultat était en contradiction avec les travaux antérieurs : d'après tous les auteurs qui, à la suite de Minkowski ([2]), avaient étudié ce problème, la pancréatectomie provoquait,

(*) Séance du 21 novembre 1955.

([1]) *Comptes rendus*, 241, 1955, p. 1500.

([2]) *Arch. f. exp. Path. Pharm.*, 31, 1893, p. 85.

chez les Oiseaux, un diabète passager suivi d'une régulation rapide du métabolisme glucidique.

Nous avons résolu cette contradiction apparente en faisant involontairement des pancréatectomies subtotales : les branches dorsale et ventrale du pancréas étaient enlevées en totalité, mais la moitié antérieure de la branche splénique a été laissée en place.

Treize (3) Canards mâles Kaki Campbell ont été opérés de cette façon, à l'âge de 3 mois, et suivis pendant 9 à 12 mois. Nous avons porté notre attention sur deux points : d'une part, l'étude de la glycémie et de la tolérance au glucose pendant les premiers jours qui suivent l'opération, et, d'autre part, l'évolution de la glycémie au cours de l'année qui suit l'intervention.

Après pancréatectomie subtotale, on observe une hyperglycémie variable suivant les individus : d'une façon générale, la glycémie (exprimée en milligrammes de glucose pour 100 cm^3 de sang) est de 200 à 300 les deux premiers jours après l'opération; elle s'abaisse ensuite pour revenir à la normale (130 à 160) le 5e ou le 6e jour.

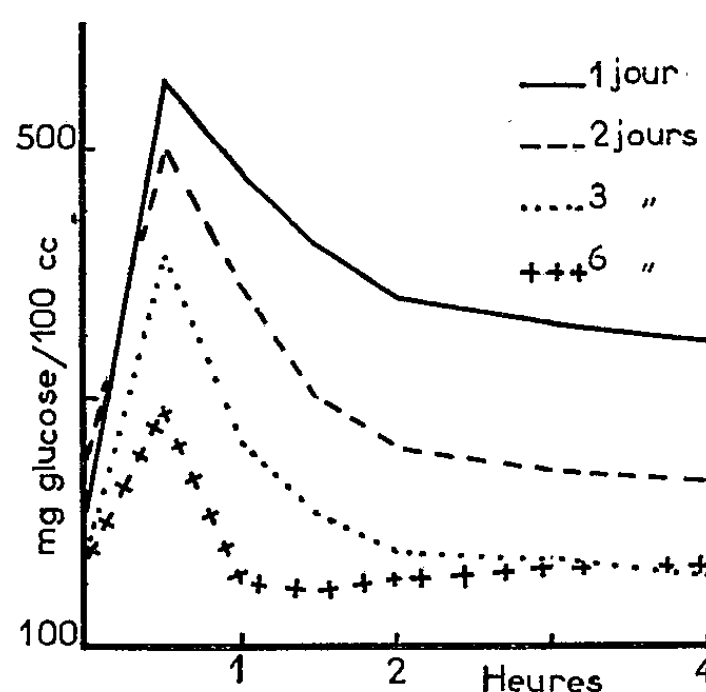


Fig. 1. — Courbes de tolérance en glucose, 1, 2, 3 et 6 jours après pancréatectomie subtotale. Chacune représente la courbe moyenne de 2 à 4 canards.

L'étude de la tolérance au glucose (après injection de 1,45 g de glucose par kilogramme) permet de préciser la régulation du métabolisme; la figure 1 montre son évolution du 1er au 6e jour après l'intervention. Le lendemain de l'opération, on observe une réponse de type diabétique; le 2e et le 3e jour, la tolérance augmente; elle est normale le 6e jour. Par conséquent, la

(3) D'autres Canards pancréatectomisés subtotalement ont subi des injections d'hormone de croissance (4); il n'en est pas tenu compte ici. Nous pensions alors que l'opération était complète.

(4) *J. Physiol. Paris*, 47, 1955, p. 248.

pancréatectomie subtotale déclenche un diabète très court. La régulation commence dès le 2e jour après l'opération et est parfaite le 6e jour.

L'étude systématique de la glycémie a été poursuivie toutes les semaines pendant 3 mois environ, puis tous les 15 jours. Sur les 13 canards, 10 ont conservé pendant toute la période d'observation une glycémie et une tolérance au glucose normales.

Chez les 3 autres, par contre, le diabète est réapparu au bout d'environ 3 mois. La figure 2 montre l'évolution de la glycémie de l'un d'eux (n° 49) : de 136 mg pour 100 cm³ à la 13e semaine après l'opération, elle passe à 256, 384, 741 et 1124 mg pour 100 cm³, les 14e, 15e, 16e et 18e semaines respectivement.

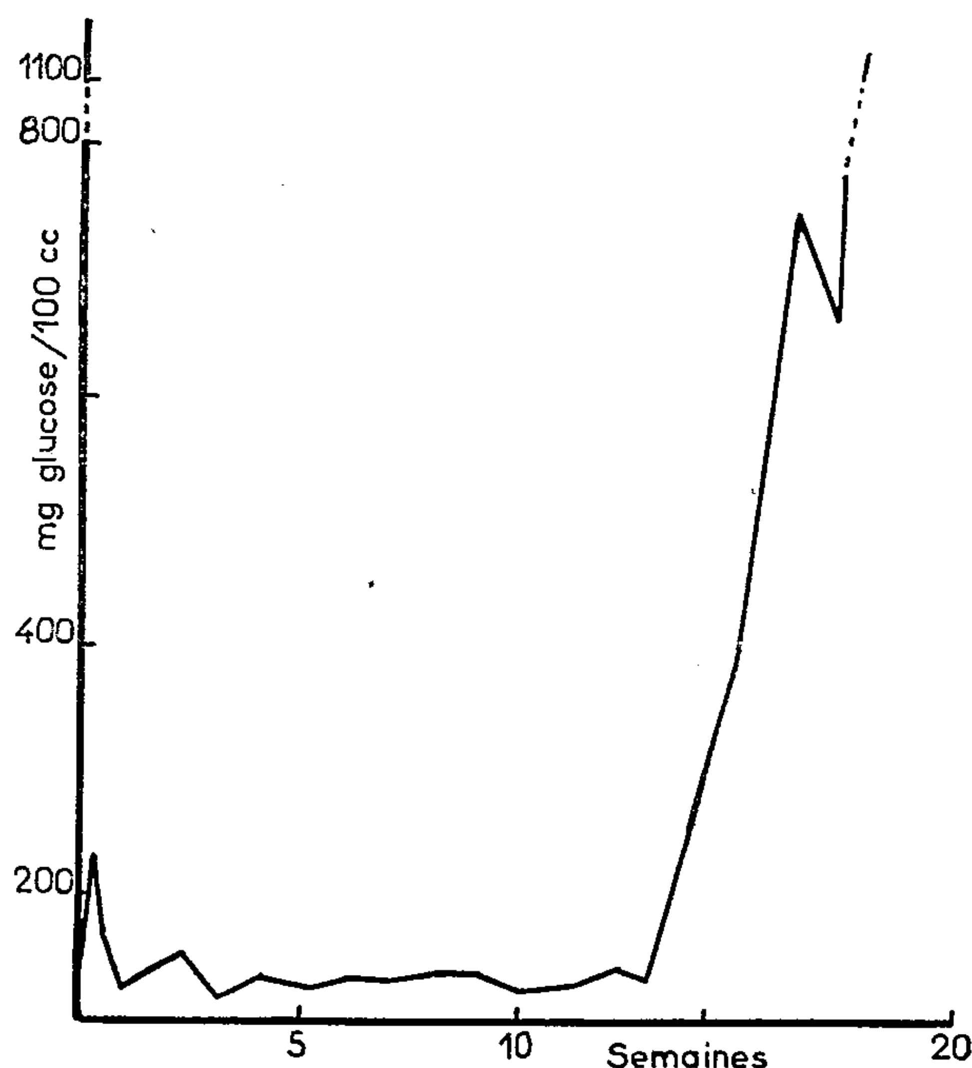


Fig. 2. — Évolution de la glycémie après pancréatectomie subtotale. Canard n° 49.

En même temps, le poids de l'animal passe de 1620 à 1110 g. Sur ces trois Canards, l'un (n° 31) est mort au bout de 5 semaines de diabète (125 jours après pancréatectomie); les deux autres ont été autopsiés après 4 semaines (n° 30, 114 jours après pancréatectomie subtotale) et 5 semaines de diabète (n° 49, 130 jours après l'opération), à un moment où leur état général laissait prévoir une mort prochaine; leur poids était passé respectivement de 1790 à 1010 g et de 1820 à 1020 g.

Par conséquent, le diabète réapparaît au bout de 3 mois environ chez certains individus, et provoque leur mort en 1 à 2 mois; le Canard se comporte donc comme le Rat après pancréatectomie subtotale.

L'évolution de la glycémie et de la tolérance au glucose chez le Canard pancréatectomisé subtotalement nous a donc montré deux phénomènes : d'une part, un diabète passager, qui disparaît en 5 à 6 jours; il se produit à ce moment une régulation, due à l'hypertrophie fonctionnelle du reste pancréatique. D'autre part, chez certains animaux, 3 mois plus tard, le reste pancréatique s'épuise et un diabète permanent apparaît. Il sera intéressant de préciser quantitativement et qualitativement par l'histologie la masse et la nature des îlots de Langerhans indispensables à un métabolisme normal.

En conclusion, il semble logique d'expliquer ces phénomènes en faisant jouer un rôle aux deux hormones pancréatiques : après pancréatectomie subtotale, le reste de pancréas sécrète toujours assez de glucagon, puisqu'il n'apparaît jamais d'hypoglycémie, mais il y a un déficit passager en insuline; dès que le reste pancréatique parvient à sécréter suffisamment d'insuline, le métabolisme glucidique redevient normal. Dans quelques cas, le reste s'épuise tardivement, sa sécrétion d'insuline devient insuffisante, et un diabète permanent s'installe.

ENTOMOLOGIE. — *Observations sur la biologie de* Philotrypesis caricæ *L.* (*Hym. Chalcidiens Callimomidæ*) Note de M. **Kuttamathiathu J. Joseph**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

Philotrypesis caricæ L. se développe dans des ovaires du Figuier sauvage (*Ficus carica* L.) transformés en galles par la piqûre d'une femelle de *Blastophaga psenes* L. *Philotrypesis caricæ* L. est protandre et polygame comme *Blastophaga psenes* L. Une fois éclos, les mâles de *Philotrypesis caricæ* L. errent à l'intérieur de la figue à la recherche d'ovaires contenant des femelles qu'ils libèrent en découpant une ouverture dans la paroi avec leurs mandibules. J. L. Lichtenstein (1) signale que le mâle s'accouple à la femelle qui demeure dans l'ovaire durant l'accomplissement de l'acte sexuel.

Au cours de mes études, j'ai fait les nouvelles observations suivantes :

1. La femelle de *Philotrypesis caricæ* L. sort d'un ovaire de la figue dès que l'ouverture pratiquée par le mâle est assez grande, et l'accouplement a lieu aussitôt dans la cavité de la figue. Je n'ai jamais vu de mâle introduisant son abdomen dans l'ouverture pour féconder une femelle encore enfermée dans l'ovaire.

2. Les femelles fécondées sortent de la figue à travers l'*ostiole* et commencent à pondre au bout de 10 à 18 h. La ponte a lieu exclusivement

(1) *Bull. Soc. ent. France*, 17, 1919, p. 313-316, 3 fig.

dans des fleurs contenant un œuf de *Blastophaga psenes* L. Les ovaires des femelles mûres contiennent en moyenne 54 œufs.

3. Les femelles sautent et volent activement. Elles sont fortement attirées par la lumière. Plusieurs d'entre elles, nourries de miel dissous dans de l'eau, ont vécu 30 à 35 jours dans mes élevages. Par contre, les mâles ne vivent pas plus de 24 à 36 h.

4. L'œuf, ellipsoïde (longueur 115 μ; largeur, 63 μ), est pourvu d'un long pédoncule micropylaire à l'extrémité antérieure et d'un minuscule tubercule à l'extrémité opposée. La larve du premier stade a la forme d'une toupie. Elle compte 14 segments (tête comprise). Son tégument est glabre et lisse. La larve du deuxième stade est plus élancée. Avant de se transformer en nymphe, elle passe par un état prénymphal reconnaissable à deux paires de tubercules ventro-latéraux situés sur les segments III et IV. Dans l'ovaire de la fleur, la nymphe est enroulée sur elle-même.

5. En Dordogne, *Philotrypesis caricæ* L. a deux, trois ou même quatre générations annuelles qui correspondent au nombre de générations de caprifigues (deux générations aux Eyzies, trois à Beynac et quatre (?) à Domme et à Trémolat).

6. Le rapport des sexes de *Philotrypesis caricæ* L. est d'environ 60 mâles pour 100 femelles (chez *Blastophaga psenes* L. par contre, il est d'environ 13 mâles pour 100 femelles).

7. *Philotrypesis caricæ* L. est un parasite de *Blastophaga psenes* L.; sa larve ne s'attaque pas immédiatement à celle de l'hôte, mais se nourrit aux dépens de l'endosperme de la fleur de *Ficus carica* L. destiné [2] à nourrir la larve de *Blastophaga psenes* L. Au cours du développement post-embryonnaire, la larve de *Philotrypesis caricæ* L., parvenue à son deuxième stade, fait périr la larve de *Blastophaga psenes* L., ayant atteint, elle aussi, son deuxième stade.

Le parasitisme de *Philotrypesis caricæ* L. à l'égard de *Blastophaga psenes* L. est d'un type extrêmement particulier. La larve de *Philotrypesis caricæ* L. tue la larve de *Blastophaga psenes* L. mais ne la consomme pas. La femelle de *Blastophaga psenes* L. injecte après la ponte un venin dont les propriétés sont vraisemblablement cécidogènes. Il semble que *Philotrypesis carcicæ* L. ait perdu cette propriété cécidogène, car ses glandes à venin sont subatrophiées. Nous ne connaissons pas d'autres cas d'un tel parasitisme. Il est vraisemblable que *Philotrypesis caricæ* L. fut à l'origine un sycophile cécidogène, qui, pour des raisons inconnues, a perdu la possibilité de transformer l'ovaire en galle et n'a pu subsister qu'en utilisant les galles d'un autre sycophile qui appartient au même groupe zoologique.

---

(2) G. GRANDI, *Boll. Lab. Ent. Bologna*, 3, 1930, p. 45-49.

BIOLOGIE. — *Sur une méthode de contrôle rapide du succès de l'induction de la polyploïdie chez les plantes ligneuses.* Note de M. **Panos Lelakis**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

Le succès du traitement d'une plante ligneuse par une substance mitoclasique en vue de l'obtention de formes polyploïdes peut être constaté par l'observation de plusieurs caractères morphologiques. Toutefois, la certitude finale ne peut être acquise que par des recherches cytologiques, notamment par le contrôle du nombre chromosomique effectué sur le sommet du rameau ou sur les très jeunes feuilles qui l'entourent ou, encore, sur les cellules-mères des grains de pollen.

Ce contrôle devient plus complet lorsqu'il porte aussi sur les racines nouvelles des plantes traitées.

D'autre part, l'émission des racines par des graines, ou par des boutures provenant de rameaux herbacés après aoûtement, exige beaucoup de moyens et un temps considérable, tout en présentant un risque de perte du matériel.

Une technique d'émission rapide des racines par les rameaux herbacés est utile aux généticiens et aux cytologistes qui se trouvent souvent dans la nécessité de contrôler rapidement les effets d'un traitement par une substance mitoclasique, ou ceux d'un croisement, en vue d'orienter la suite de leurs recherches.

C'est ainsi qu'au cours de nos essais sur l'induction de la polyploïdie chez la Vigne européenne (*Vitis vinifera*) par l'application de colchicine, nous avons recouru à une méthode qui permet de déterminer rapidement, parmi les plantes apparemment tétraploïdes, celles qui le sont dans leur constitution interne.

Après le traitement par la colchicine, le débourrement accéléré des yeux traités est obtenu par la suppression des feuilles et, dès le début du phénomène, par l'arrosage des plantes avec une solution nutritive.

Les rameaux verts provenant d'yeux traités par la colchicine sont coupés en petits fragments de 3 cm environ qui sont cultivés sur un milieu gélosé, en même temps que des fragments semblables provenant d'yeux non traités des mêmes variétés ayant subi la même ablation des feuilles et le même arrosage.

Les premiers sont prélevés sur des rameaux qui présentent des caractères macroscopiques (retard du débourrement, modification des feuilles de la base, formation dans les feuilles de zones de couleur plus foncée, etc.) et des caractères microscopiques (stomates énormes, membrane des cellules épidermiques très sinueuses, dédoublement des chromosomes observé sur

les très jeunes feuilles du sommet du rameau, etc.) qui sont les symptômes de l'induction de la polyploïdie.

Les cultures sont réalisées par la technique de Gautheret et le milieu reçoit notamment de l'acide naphtyle acétique à la concentration de 10^{-7}. Pour obtenir des racines, il convient de planter verticalement les fragments dans la gélose, dans une position semblable à celle qu'ils occupent sur la plante, de façon que leur extrémité radicale, tournée vers le bas, soit dans le substratum. Dix jours après la plantation des fragments, les premières racines atteignant une taille de 2 à 3 mm, la première numération chromosomique est possible.

Dans les racines de cette taille, les mitoses sont nombreuses et les chromosomes peuvent être facilement comptés dans les plaques métaphasiques, après fixation à l'alcool acétique, coloration à l'orcéine acétique et écrasement.

Le nombre des mitoses est plus élevé dans les racines qui se développent hors du milieu de culture; il diminue, en même temps que la vitesse de croissance, au cours de l'allongement des racines; d'autre part, les mitoses deviennent plus rares dans les racines qui ne réussissent pas à pénétrer dans le milieu; elles peuvent en être absentes.

Le contrôle du nombre chromosomique des plantes traitées par une substance mitoclasique peut donc être réalisé dix jours après l'apparition des premiers symptômes macroscopiques d'induction de la polyploïdie.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Étude de la capacité fonctionnelle maximum du pronéphros, au moyen de parabioses embryonnaires (Amphibiens anoures).* Note de M. **Roger Cambar**, présentée par M. Maurice Caullery.

L'ablation unilatérale du pronéphros, chez l'embryon ou la jeune larve d'Amphibien Anoure, ne provoque, en général, aucun trouble (Howland 1916 et 1921, Shimasaki 1930, Hiller 1931, Cambar 1944), sinon, exceptionnellement, un œdème léger et fugace. Un seul pronéphros est donc capable, par hyperfonctionnement compensateur immédiat, de suppléer aisément l'absence de l'autre rein. Les surfaces excrétrices subissent un accroissement marqué et atteignent le double de leur valeur initiale après un délai de plusieurs jours (Howland).

L'innocuité de la pronéphrectomie unilatérale ne permet-elle pas de supposer que la capacité de régulation physiologique du pronéphros est encore plus importante ? Si cette hypothèse peut être vérifiée expérimentalement, observera-t-on, correspondant à la nouvelle augmentation de l'activité physiologique, un accroissement plus marqué des surfaces excrétrices ? La mise en parabiose de deux embryons d'Anoures permet

de répondre à ces questions. L'un des individus est privé des deux pronéphros, l'autre d'un seul. L'appareil excréteur du couple parabiotique est donc réduit à un unique pronéphros. S. Hiller (1931) [1] eut le mérite d'effectuer cette expérience, dans un but différent, chez *Amblystoma*. Mais ces couples parabiotiques survécurent peu de temps et furent atteints de troubles graves, à l'exception de deux (sur 30 essais), restés à peu près normaux. Nous avons utilisé ce type d'expérience; les résultats obtenus font l'objet de ce travail.

Matériel et technique. — Par les techniques ordinaires, on met en parabiose des couples d'embryons de Crapaud commun (*Bufo bufo* L.). Les deux embryons sont disposés parallèlement et soudés par le flanc, au stade de neurula âgée. L'orientation antéro-postérieure des embryons est, soit identique, soit, au contraire, inversée (situation tête-bêche). Cette dernière est la plus favorable à l'examen du couple sur le vivant. On enlève à chaque embryon le pronéphros situé du côté de la soudure, puis on pratique la mise en parabiose. Quatre à cinq jours plus tard, on supprime le second pronéphros de l'un des embryons. Donc, le couple parabiotique ne possède plus qu'un unique pronéphros. Si l'ablation des trois pronéphros était pratiquée sans interruption, à un même stade précoce, elle provoquerait un œdème immédiat considérable, rapidement mortel. Au contraire, grâce à la technique utilisée, la mortalité est nulle. Dans chaque embryon, le pronéphros restant est déjà en état d'hyperfonctionnement lorsque, plus tardivement, la seconde opération est pratiquée. Cette dernière n'est suivie d'aucun trouble important. Il apparaît seulement, pendant 5-6 jours, des signes bénins d'œdème chez les deux parabiontes, en particulier chez l'embryon totalement dépourvu de rein. Ensuite, l'aspect du couple devient et reste normal. Les embryons sont fixés entre 20 et 30 jours après la mise en parabiose. A ce moment, le mésonéphros est devenu pleinement fonctionnel.

Résultats. — Un seul pronéphros suffit à permettre la survie, sans aucun trouble apparent, de deux embryons et larves parabiotiques. L'activité physiologique de ce pronéphros est donc ainsi quadruplée par rapport à sa valeur normale. En fait, cette capacité fonctionnelle expérimentale n'est pas immédiate, et dépasse légèrement celle que possède le pronéphros, s'il est brusquement mis en état d'hyperfonctionnement de même importance. Elle n'est, en effet, pleinement atteinte qu'après 5-6 jours de fonctionnement à l'état isolé, soit au moment où la disparition de l'œdème post-opératoire témoigne d'une totale régulation physiologique. Ces résultats expérimentaux ont donc une valeur limite extrême. Néanmoins, il est remarquable de constater combien peut être considérable la capacité

(1) *C. R. Ass. Anat.*, 1931, p. 267-280.

fonctionnelle maximum du pronéphros. Seules, les expériences de parabioses permettent d'en démontrer l'importance et, surtout, d'en fixer les limites.

Nous avons obtenu des résultats quantitatifs très comparables (non encore publiés) pour le mésonéphros des Amphibiens Anoures, mais en pratiquant des ablations partielles du rein. Ces faits, déjà mis en évidence par d'autres méthodes [2] chez les Anoures adultes, acquièrent une valeur générale puisqu'ils permettent de montrer l'existence, à toutes les périodes du développement, d'une capacité égale et très élevée d'hyperfonctionnement du rein. Jusqu'à présent, des faits de même nature avaient surtout été largement décrits pour le métanéphros des Amniotes.

D'autre part, nous avons recherché, sur coupes, le degré extrême d'accroissement de taille atteint par l'unique pronéphros d'un couple parabiotique. L'augmentation de ses surfaces excrétrices devrait, semble-t-il, être, dans ce cas, plus importante que celle observée, dans le même temps, chez le pronéphros d'une larve témoin privée d'un rein. En réalité, que l'activité physiologique imposée au pronéphros devienne quadruple, ou seulement double de sa valeur normale, l'hypertrophie et l'hyperplasie cellulaires résultantes sont d'importance voisine. Les différences observées sont faibles et non significatives. La « réponse » des structures du pronéphros à un fonctionnement expérimental particulièrement intense ne peut, en première approximation, dépasser notablement celle consécutive à une simple pronéphrectomie unilatérale. L'accroissement quantitatif maximum du pronéphros paraît ainsi limité, de toute façon, à l'acquisition des surfaces excrétrices nécessaires mais suffisantes pour compenser la perte éventuelle d'un seul rein. Il n'existe donc pas, comme on pourrait le supposer *a priori*, une correspondance continue entre les phénomènes de régulation physiologique et d'hypertrophie compensatrice.

BIOLOGIE MARINE. — *Parallélisme d'évolution des populations planctoniques et bactériennes marines durant la période estivale* 1955. Note de M. **Louis Devèze**, présentée par M. Louis Fage.

Les relations existant entre les fluctuations cycliques du plancton marin et l'évolution des populations bactériennes sont mal définies et ont fait l'objet de résultats contradictoires. Cette question a été étudiée durant l'été au large de Marseille, dans une zone à l'abri de toute pollution terrigène directe, pour les eaux profondes de 5 m.

---

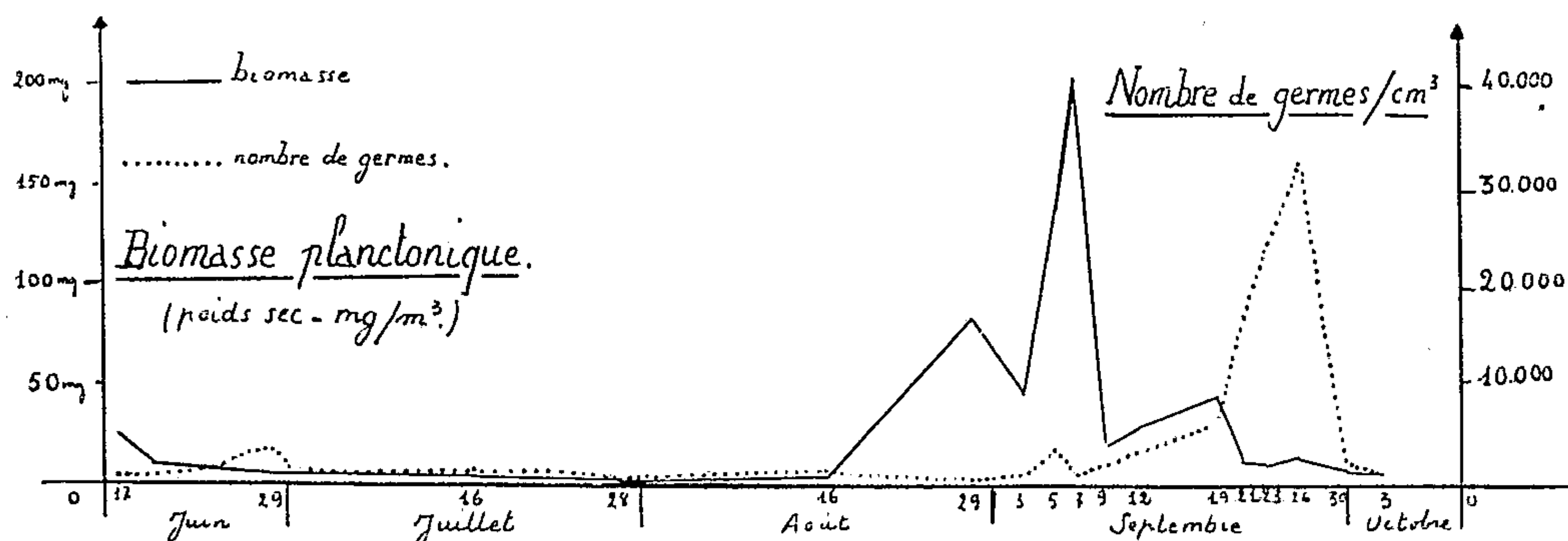
(2) *Cf.* P. Rey, *Recherches expérimentales sur l'économie de l'eau chez les Batraciens* (*Thèse*, 1937).

L'importance quantitative de la biomasse planctonique a été déterminée en utilisant le filet fermant à plancton de Clarke-Bumpus. Le plancton recueilli, après lavage à l'eau distillée, a été desséché à l'obscurité durant 4 jours et pesé. Le résidu planctonique, traité par de l'acétone à 90 %, a permis la détermination spectrophotométrique, selon la méthode de Richards et Thompson, des pigments végétaux et animaux. Les ensemencements bactériologiques ont été faits sur milieu gélosé 2216 de Zo Bell. Les numérations, faites après une incubation de 15 jours des milieux à l'étuve à 21°, ont permis de faire une moyenne de germes au centimètre cube en prenant en considération les résultats valables de six boîtes de Petri au minimum.

Durant l'été, les fluctuations de la biomasse planctonique se divisent en deux périodes. La première, s'étageant sur deux mois, est caractérisée par une pauvreté extrême en organismes vivants, uniquement animaux, et fait suite à une poussée phytoplanctonique apparue aux premiers jours de juin. La biomasse, à peine supérieure à 20 mg/m^3 le 17 juin, s'affaiblit progressivement pour atteindre une densité minima (1 mg/m^3) le 28 juillet. Elle s'élève à peine par la suite jusqu'au 16 août (4,7 mg/m^3), date à laquelle cette période s'achève. La deuxième période, au cours de laquelle les populations sont plus denses, comporte 4 poussées planctoniques successives d'importance inégale et à développement aign. La 1re poussée atteint son maximum en 13 jours, le 29 août (84 mg/m^3) et se termine le 2 septembre (44 mg/m^3). La 2e poussée, la plus importante, a un devenir précaire : elle atteint son optimum le 7 septembre (202 mg/m^3) et une concentration minima de 21 mg/m^3 2 jours après. La 3e poussée, la plus réduite, s'élève jusqu'au 19 septembre (45 mg/m^3) et s'efface 4 jours après (12 mg/m^3). Cette deuxième période se termine par une ébauche de zooplancton qui aboutit à un maximum très réduit (12,4 mg/m^3) le 26 septembre et disparaît le 3 octobre (4,6 mg/m^3). L'analyse pigmentaire a établi que durant les 3 premières poussées le zooplancton et le phytoplancton étaient unis par une relation directe.

Les analyses bactériologiques mettent en évidence un parallélisme étroit entre les fluctuations de la biomasse et celles des populations bactériennes. Chaque poussée planctonique détermine une élévation de densité des bactéries des eaux. Des facteurs d'antagonisme peuvent apparaître au moment des maxima planctoniques et provoquer ainsi un fléchissement ou un ralentissement momentanés des microorganismes. Dans cet ordre d'idées, il a été reconnu que la densité des bactéries qui s'élève graduellement jusqu'à un maximum végétal *photosynthétique* déterminé par la teneur en chlorophylles, accuse en général une réduction marquée lors du maximum *pondéral* qui peut dans certains cas le suivre. Le graphique ci-dessous montre qu'au déclin du maximum végétal pré-estival, la densité

bactérienne est très réduite (250 germes/cm³). Cette flèche planctonique détermine une poussée bactérienne qui, le 29 juin, s'élève à 3 250 germes/cm³ et diminue rapidement d'importance. Jusqu'à la mi-août la densité est très faible et toujours inférieure à 1000 germes/cm³, alors que la biomasse planctonique est d'une pauvreté extrême. Une étroite parenté lie leurs



fluctuations respectives : le minimum bactérien (98 germes/cm³) est atteint le même jour que le minimum planctonique, le 28 juillet. Leur évolution est parallèle jusqu'au 16 août. Lors du développement de la 1re poussée planctonique la densité des bactéries accuse un fléchissement perceptible qui, de 250 germes/cm³, l'abaisse à 95 germes/cm³ au moment des maxima simultanés des végétaux (en poids et en activité photosynthétique) et des animaux. Après le 29 août, le développement bactérien correspondant à l'élévation momentanée de la biomasse atteint 3 250 germes/cm³ le 5 septembre, jour où la 2e poussée planctonique est à son maximum photosynthétique. La densité bactérienne est amenée ensuite à un nouveau minimum de 740 germes/cm³ 2 jours après, alors que les animaux et les végétaux ont atteint un maximum pondéral. A la diminution rapide de la biomasse correspond une remontée bactérienne ménagée qui évolue par la suite parallèlement à la 3e poussée planctonique. Il n'est pas observé de fléchissement au moment de son maximum végétal et animal. Le développement bactérien attendu est seulement ralenti, mais accuse le 19 septembre une montée brutale qui l'amène en 7 jours à un maximum principal de 32 700 germes/cm³, alors que la 4e poussée zooplanctonique est à son maximum. Il se termine le 3 octobre (810 germes/cm³).

Ces résultats montrent une parenté d'évolution des populations planctoniques et bactériennes. Il est prématuré de donner les raisons du fléchissement de ces dernières au moment des maxima planctoniques. Il a été avancé le terme, volontairement vague, de « facteurs antagonistes » qu'essaiera de préciser une étude ultérieure.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *L'affinité du squelette du Rat en croissance pour le radiophosphore.* Note (*) de M. **Pierre Cartier**, présentée par M. Léon Binet.

C'est une notion unanimement admise et démontrée par le marquage isotopique que le squelette est un système dynamique. Le renouvellement des constituants minéraux de l'os (le « sel de l'os »), et plus particulièrement du constituant majeur, le phosphate tricalcique, est la résultante d'au moins trois phénomènes réversibles :

1. *L'activité cellulaire* qui préside au dépôt rapide du phosphate tricalcique dans la phase d'ossification et qui intervient dans la résorption active. Le facteur cellulaire fait étroitement dépendre cette labilité de la structure de la matrice protéique qui fixe et oriente les sels minéraux.

2. *L'échange ionique* avec le milieu intérieur, phénomène physicochimique rapide. Cet équilibre ionique, réglé par le produit de solubilité du phosphate tricalcique, dépend à la fois du degré de minéralisation (donc de la « surface » minérale de l'os) et de la concentration plasmatique en Ca^{+++} et en PO_4^{+++} : de ce fait, il contribue à la constance de la minéralisation du squelette et au maintien de l'homéostasie du milieu intérieur.

3. *La recristallisation,* réaction lente qui incorpore les ions dans la structure intime du cristal, réalisant un remplacement de ces ions à l'intérieur de la maille cristalline.

La participation de ces trois phénomènes réversibles à la fixation et au renouvellement du « sel de l'os » varie avec l'âge de l'animal : il est évident que dans la phase de croissance, l'activité cellulaire intervient pour une plus grande part dans la minéralisation du squelette que les phénomènes physicochimiques plus lents et limités. Pour définir le sens et mesurer la valeur de cet équilibre de minéralisation entre l'os et le milieu intérieur, nous déterminons *in vivo* la capacité de minéralisation de l'os par la mesure de son affinité pour les phosphates.

Nous injectons à des rats de même souche (Wistar purs) une solution de radiophosphore (PO_4H_2Na sans entraîneur, 50 à 100 μC selon l'âge) et sacrifions l'animal 24 h après. Nous prélevons la région centrodiaphysaire des deux fémurs et après avoir éliminé la moelle osseuse, nous déterminons leur teneur en phosphore (microdosage colorimétrique de Fiske et Subbarow, après minéralisation perchlorique) et leur activité [exprimée par le rapport Coups-minutes par milligramme (P osseux/Coups-minute dose injectée) $\times$ 100].

(*) Séance du 14 novembre 1955.

Les résultats rassemblés dans la figure 1 montrent que :

— L'affinité pour le radiophosphore est fonction du degré de minéralisation de l'os. Elle est très élevée dans la phase de croissance et acquiert une valeur faible et constante lorsque la minéralisation du squelette est terminée. La courbe I révèle une discontinuité dans l'évolution de cette

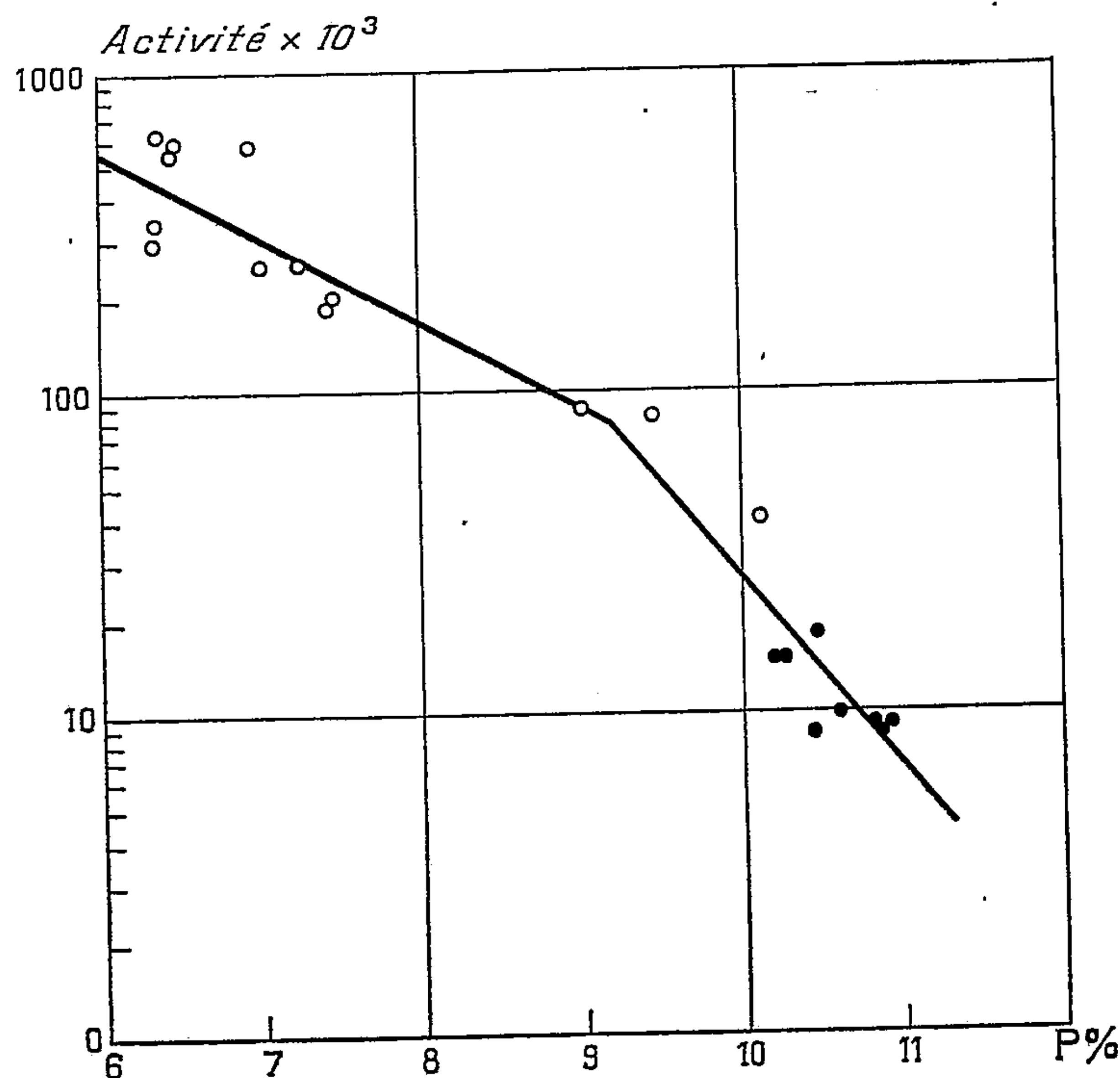


Fig. 1. — Affinité de l'os diaphysaire pour le ^{32}P en fonction du degré de minéralisation. ● Rats adultes. ○ Rats en croissance.

affinité traduisant une diminution brusque de la vitesse de minéralisation. Cette discontinuité que nous avions déjà constatée dans l'étude de l'évolution des constituants de l'os (1) se situe peu après la puberté et traduit vraisemblablement l'influence des hormones sexuelles sur l'ossification.

— Tant que le degré de saturation de la matrice protéique par les sels minéraux n'est pas atteint, l'affinité pour le radiophosphore est élevée. Si nous comparons cette affinité à l'état d'équilibre de l'os adulte (pris comme unité), nous voyons (*fig.* 2) que de faibles différences par rapport à cette saturation se traduisent par une augmentation considérable de

(1) P. Cartier, *C. R. Soc. Biol.*, 140, 1946, p. 391-393.

l'affinité (par exemple, pour un degré de minéralisation correspondant à 95,5 % de celui de l'adulte, l'affinité est multipliée par 3,4; elle atteint

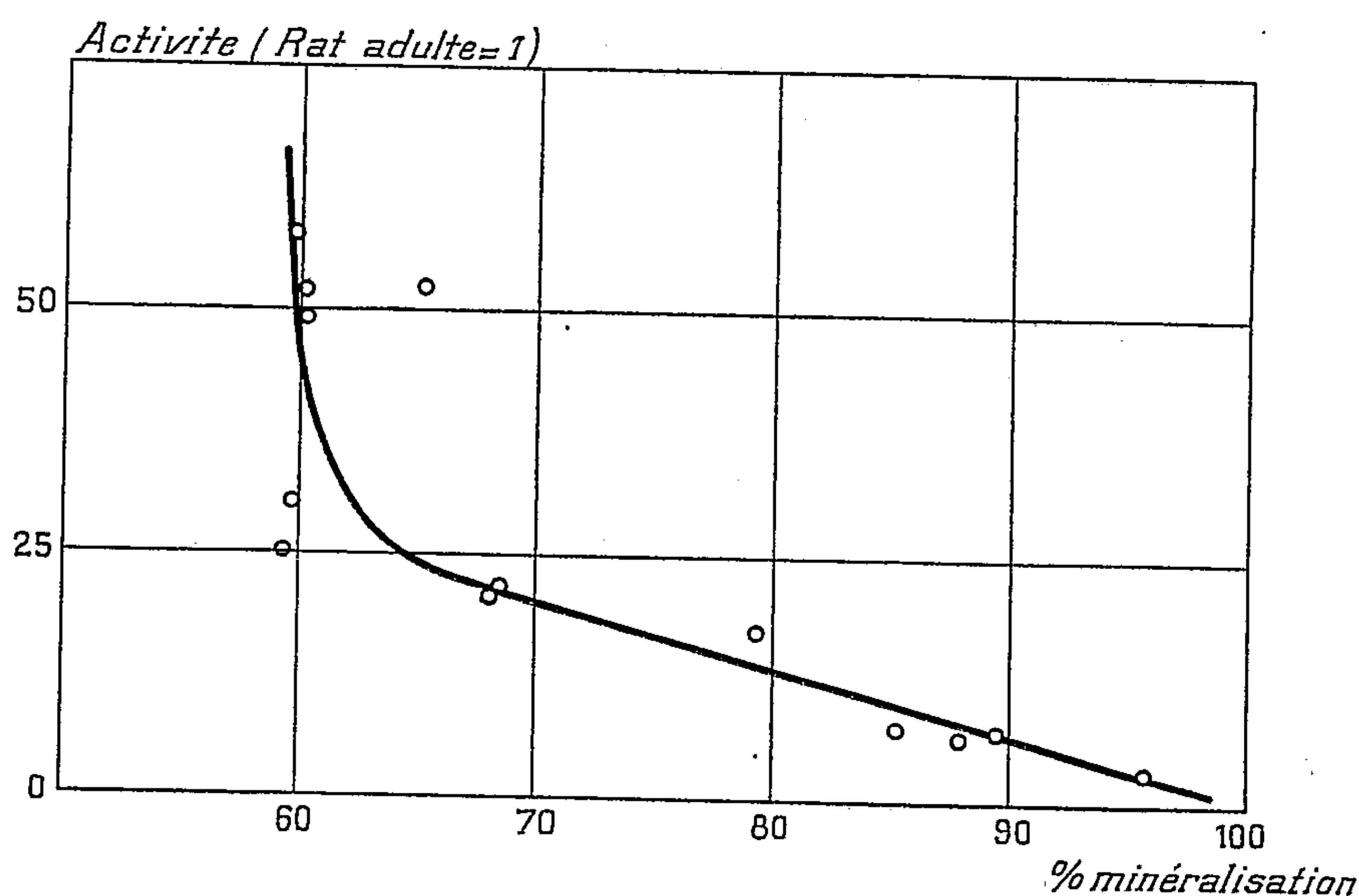


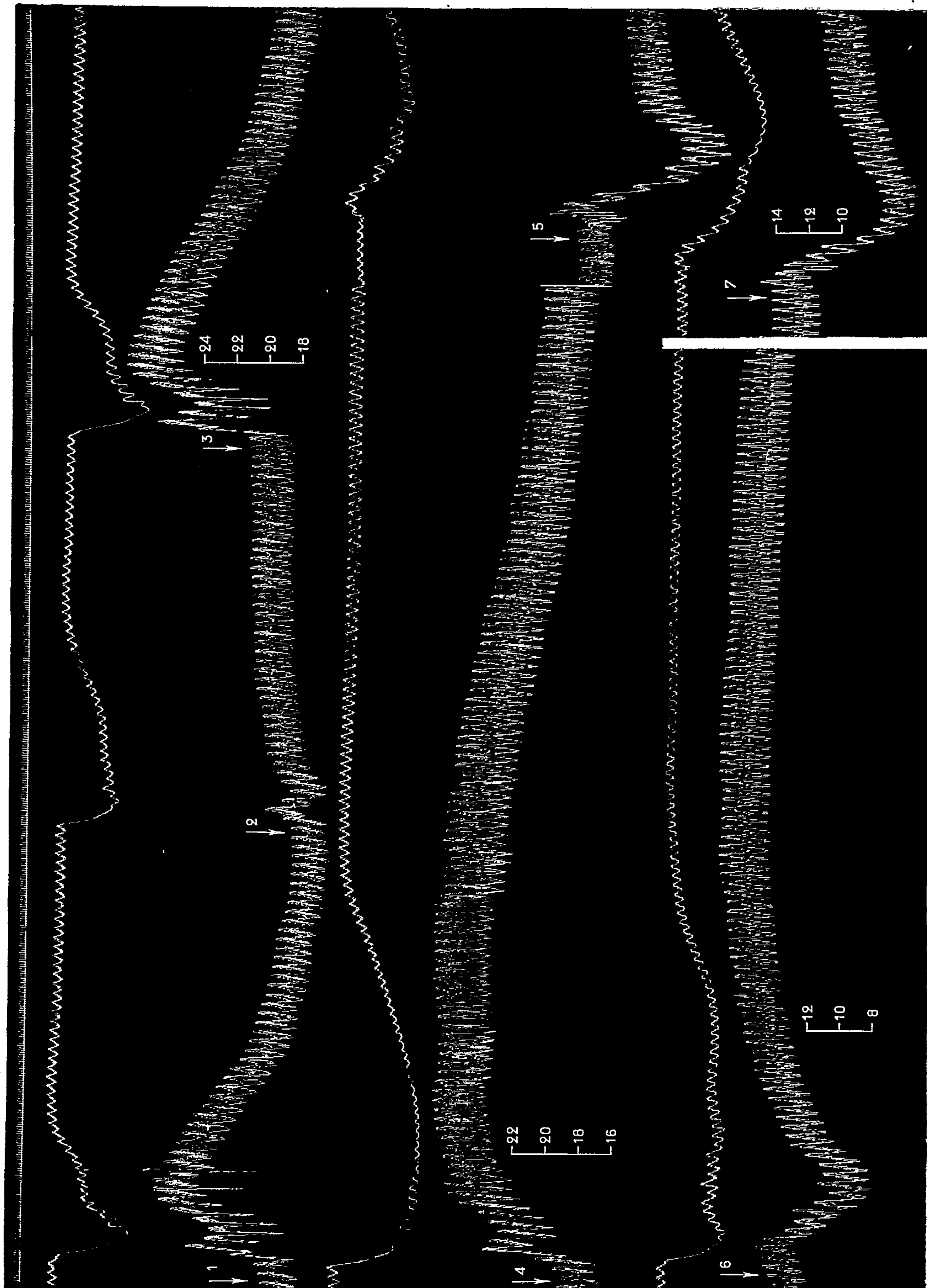
Fig. 2. — Variation de l'affinité pour le ^{32}P en fonction du degré de minéralisation de l'os.

50 fois la valeur normale de l'adulte lorsque le degré de minéralisation est de 60 %). Cette mesure d'affinité constitue donc un test sensible permettant d'apprécier le degré de saturation de la matière protéique du squelette.

PHARMACODYNAMIE. — *Influence des sympathicolytiques sur l'action hypertensive du venin parotoïdien du Crapaud* (Bufo Bufo Bufo). Note de M. **Raymond-Hamet**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

En collaboration avec C. Phisalix, Gabriel Bertrand a découvert que les effets physiologiques du venin du Crapaud commun sont dus à la coexistence de bases azotées et de dérivés cardiotoniques se rapprochant des digitaliques (1). Depuis lors, nous avons constaté que toutes ces substances sont douées d'une action vasoconstrictive et partant hypertensive qui, pour les premières, a sa cause principale dans une décharge d'adrénaline et conséquemment est inversée par les sympathicolytiques, mais qui, pour les secondes, résulte surtout d'une excitation directe des fibres musculaires vasculaires et par suite résiste à l'influence des dits sympathicolytiques. Si l'on admettait avec U. Lombroso et C. Zummo (2) qu'aux doses

(1) *Comptes rendus*, 135, 1902, p. 46 et *Bull. Sci. pharmacol.*, 5, 1902, p. 211.
(2) *Arch. di Sc. biolog.*, 23, 1937, p. 14-21.



où ils inversent l'hypertension adrénalinique, les sympathicolytiques *n'ont aucune action* sur celle que produit le venin de crapaud, il faudrait croire ou bien que la décharge d'adrénaline provoquée par les bases azotées ne peut alors se produire, ou que les effets de cette décharge sont complètement masqués par ceux des substances cardiotoniques.

De nombreuses expériences nous ont appris qu'en réalité, chez l'animal soumis à l'action d'une dose appropriée d'un sympathicolytique majeur (yohimbine ou autre), les modifications de la pression artérielle produites par une quantité moyenne de venin — modifications qui initialement se traduisent par une forte hypertension amenant rapidement cette pression à un niveau élevé d'où elle ne redescend que très lentement — montrent alors les quatre phases suivantes : dans la première, la pression s'élève d'ordinaire de façon peu marquée; dans la deuxième, elle s'abaisse jusqu'à un niveau qui est presque toujours très inférieur à celui où elle se trouvait avant l'injection, mais qui exceptionnellement peut seulement l'atteindre; dans la troisième, elle remonte lentement jusqu'à ce qu'elle ait dépassé plus ou moins fortement le niveau initial; enfin, dans la quatrième, elle revient très lentement vers ce niveau. Chez les animaux que nous avons soumis à l'action d'un sympathicolytique majeur, les bases azotées contenues dans le venin ont donc toujours provoqué une phase d'hypotension qui était d'autant plus marquée que la décharge d'adrénaline qu'elles provoquaient était plus grande mais qui toujours était assez forte pour infléchir vers le bas la montée de pression produite par les digitaliques de ce même venin.

LÉGENDE DE LA FIGURE.

Chien ratier à poils ras de 9 kg, chloralosé (14 cg/kg), bivagotomisé et soumis à la respiration artificielle. 1re ligne : temps en secondes; 2e, 4e et 6e lignes : oncogramme; 3e, 5e et 7e lignes : tensiogramme carotidien. On a injecté dans la saphène en 1 (hypertension : 64 mm); en 3 (hypert. : 77); en 5 (hypert. : 19, hypot. : 61); en 7 (hypert. : 7, hypot. : 67), 0,008 mg de bitartrate d'adrénaline pure de Hoechst; en 2 (hypert. : 27), 0,5 mg; en 4 (hypert. 73), et en 6 (1re hypert. : 8, hypot. : 38; 2e hypert. : 30), 1, 5 mg de venin parotoïdien sec de *Bufo Bufo Bufo*. Entre 4 et 5 l'animal a reçu, en quatre injections intraveineuses égales, 36 mg de chlorhydrate de yohimbine pure. Tracés réduits de moitié.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Foyer de fièvre récurrente à poux en Éthiopie.* Note de Mme **Hélène Sparrow**, présentée par M. Émile Roubaud.

L'auteur a vérifié expérimentalement que les fièvres récurrentes des Hauts Plateaux éthiopiens appartiennent au type de la récurrence mondiale à poux.

Les statistiques concernant les fièvres récurrentes sur le Continent africain font état, ces dernières années, de cas de « récurrentes à poux » et de « récurrentes à tiques ». Souvent aussi, aucune distinction n'est faite entre les deux formes de récurrentes.

Pour l'Afrique du Nord, nous devons admettre comme erronée l'appellation « récurrente à poux » désignant les quelques cas signalés annuellement. Depuis l'extinction de l'épidémie qui a submergé le Continent africain, au cours des années 1944-1946, il n'a jamais été possible, en effet, aux laboratoires spécialisés de l'Afrique du Nord, de retrouver un seul cas de récurrente à *Borrelia recurrentis*. Les mêmes statistiques signalent des cas beaucoup plus nombreux de fièvre récurrente dans les vastes régions de l'Afrique centrale et surtout dans l'Est africain; plusieurs milliers de cas dans les territoires du Mozambique, du Tanganyika, du Ruanda Urundi et d'Éthiopie.

Les chiffres déclarés pour l'Éthiopie, au cours des cinq dernières années, sont de beaucoup les plus élevés : 2 880 cas en 1950, 2 972 en 1951, 5 943 en 1952, 7 499 en 1953, 5 387 en 1954. Ils concernent particulièrement les Hauts Plateaux où les poussées saisonnières de fièvre récurrente correspondent aux périodes pluvieuses de l'année. Cette concordance des courbes de la maladie et de la pluviométrie a été signalée depuis longtemps pour le typhus exanthématique, maladie à poux.

L'étude du Foyer éthiopien présentait le plus grand intérêt, tant au point de vue épidémiologique, qu'au point de vue de la possibilité d'une persistance interépidémique de la récurrente mondiale. Ce travail a pu être accompli avec l'assistance de l'Organisation mondiale de la Santé qui a bien voulu adopter le projet d'étude que je lui avais soumis.

Au cours d'une mission en Éthiopie, du 1er mars au 14 mai 1955, j'ai étudié un certain nombre de cas de fièvre récurrente et isolé 16 souches, dont 12 à Addis-Abéba, provenant des environs de la capitale, et 4 de régions plus éloignées (Wonje, Irgalem).

La forme de la maladie que j'ai observée, nettement plus grave que les cas sporadiques de récurrentes à tiques de l'Afrique du Nord, rappelait la récurrente étudiée en Tunisie au cours de l'épidémie de 1944-1946.

La maladie était caractérisée par un début brutal, avec frissons violents, épistaxis abondante et une hyperthermie qui pouvait atteindre 41 et 42° en fin d'accès. Le foie et la rate étaient hypertrophiés et douloureux. L'état général des malades paraissait très atteint, surtout à l'approche de la crise; pourtant, nous n'avons jamais observé de décès. La convalescence était rapide.

L'examen microscopique révélait régulièrement une très grande abondance de spirochètes dans le sang des malades, plusieurs dizaines et même de centaines par champ, particulièrement à la fin de l'accès.

Dans la presque totalité des cas observés, il nous a été possible de vérifier la présence sur les malades de poux infectés de spirochètes. L'interrogatoire des malades et de leur entourage nous a souvent révélé l'existence d'un

foyer familial de la maladie, et la certitude d'une contamination par relations interhumaines.

Les poux de notre élevage, nourris sur les malades, se sont régulièrement infectés. Cette infection était rapide et massive. C'est par ce procédé que nous avons pu isoler 16 souches. Elles ont été ensuite entretenues en passages de poux à poux, par la méthode de Weigl.

Contrairement à ce qui se passe pour les souches de récurrente à tiques, le sang des malades inoculé aux animaux de laboratoires (cobayes, rats, souris, lapins, hamsters, mérions) ne leur a pas transmis l'infection. Seuls les animaux nouveau-nés (souriceaux, ratons, lapins) ont réagi par une infection de courte durée. Les passages par les animaux nouveau-nés se sont révélés possibles à condition de les effectuer tous les 3 jours.

Sur 13 souches transportées à Tunis, 8 seulement ont résisté aux aléas du voyage. Elles ont été employées pour la Récurrentothérapie dans les deux hôpitaux spécialisés de Tunis (1).

En trois mois, 27 malades ont été inoculés, 19 ont réagi, les 8 autres se sont montrés réfractaires à plusieurs réinoculations. Ainsi, nous avons pu compléter nos observations faites en Éthiopie sur la maladie spontanée.

Le nombre des accès était généralement de deux, quelquefois trois, exceptionnellement plus. La maladie pouvait aussi se limiter à un seul accès. La durée des accès variait de 5 à 7 jours, les intervalles apyréthiques étaient de 7 à 15 jours.

L'entretien des souches a été poursuivi au laboratoire de Tunis, par passages de poux à poux et concurremment par passages sur souriceaux nouveau-nés. L'inoculation aux malades soumis à la récurrentothérapie a été pratiquée en employant le liquide coelomique des poux disséqués au chevet des malades.

L'étude des souches éthiopiennes transportées à Tunis nous a permis de vérifier :

1° l'extrême abondance des spirochètes dans le sang des malades;

2° l'infection régulière, rapide et massive des poux neufs, nourris sur les malades;

3° la possibilité d'entretien des souches par passages de poux à poux suivant la méthode de Weigl;

4° l'absence de réaction des animaux de laboratoire sauf des animaux nouveau-nés, inoculés avec le sang des malades ou le liquide coelomique des poux.

Ces faits, joints aux caractères de la maladie chez l'Homme, nous ont confirmée dans notre opinion que les souches, isolées sur les Hauts-Plateaux éthiopiens, sont différentes des souches de récurrentes à tiques,

(1) En collaboration pour la partie clinique avec les docteurs A. Lamarche et P. Mareschal.

différentes aussi des deux souches de transition que nous avons précédemment décrites (2). Ces souches éthiopiennes s'apparentent intimement à celles de *Borrelia recurrentis* que nous avons expérimentées lors de l'épidémie de 1944-1946.

Ajoutons que les renseignements recueillis au cours de notre mission laissent supposer l'existence de récurrente à tiques dans les parties basses du pays.

A 16 h 20 m l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16 h 40 m.

L. B.

---

(2) H. SPARROW, *Comptes rendus*, 239, 1954, p. 922.

ERRATA.

(*Comptes rendus* du 25 juillet 1955.)

Note présentée le même jour, de MM. *Odilon Chalvet* et *Raymond Daudel*, Théorie du mécanisme des réactions : sur l'estimation des barrières du potentiel :

Par suite d'une erreur de mise en pages, la figure ci-dessous doit être insérée à la page 414.

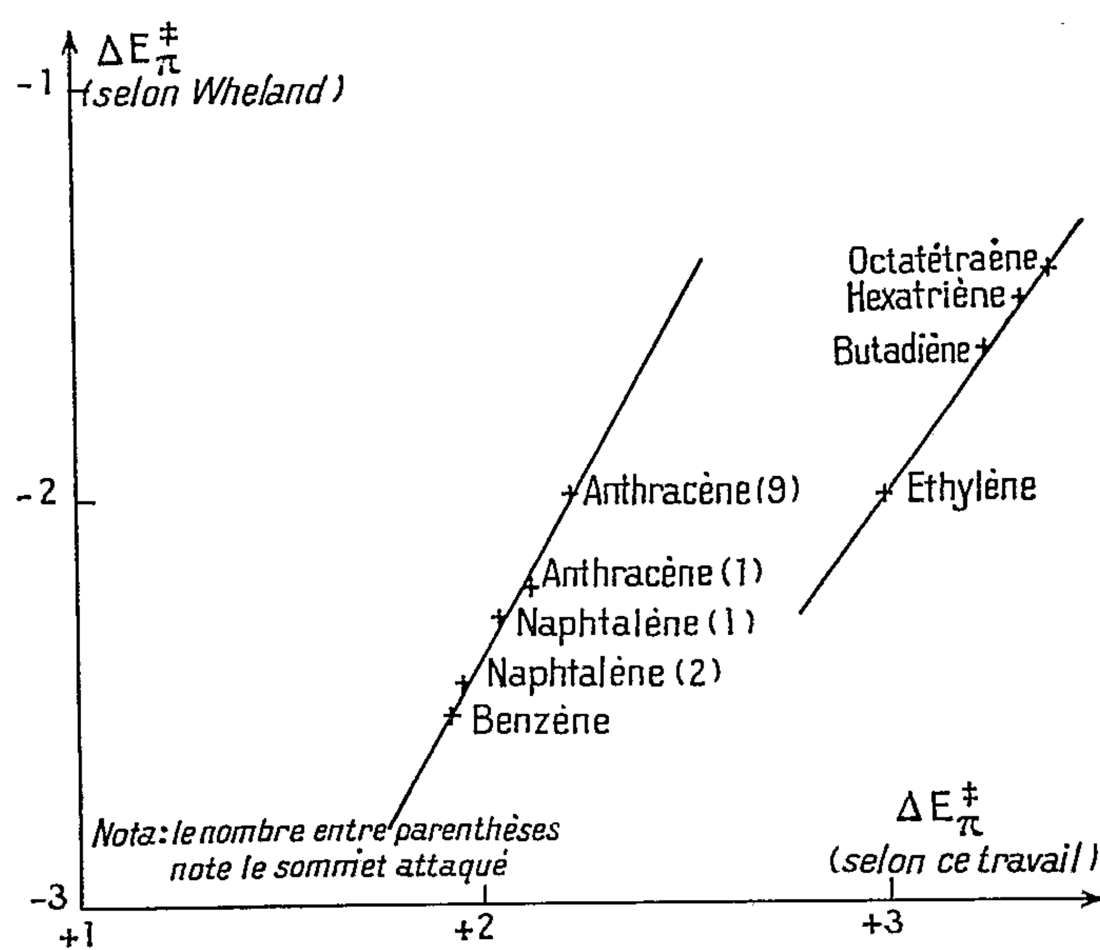


Fig. 1.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE ANNUELLE DES PRIX DU LUNDI 5 DÉCEMBRE 1955.

PRÉSIDENCE DE M. LOUIS FAGE.

M. **Louis Fage** prononce l'allocution suivante :

Mes chers Confrères,

Comme chaque année, à pareille époque, nous voici réunis pour honorer nos morts, pour encourager, et récompenser dans la mesure de nos moyens le labeur de ceux qui se vouent à la Science.

Vous entendrez, dans quelques instants, la lecture de ce palmarès; mais il nous faut d'abord songer aux disparus. Ils ont, hélas! été nombreux cette année, durant laquelle nous avons perdu nos Confrères : **Chazy**, **Teilhard de Chardin**, **Michel-Lévy**, **Javillier**, **de Martonne**, **Gignoux**; nos Associés étrangers : Sir **Alexander Fleming**, **Albert Einstein**; nos Correspondants : **Gustave Nicolas**, **Charles Courtot**, **Georges Reboul**, **Paul Becquerel**, **Henri Dulac**, **Eugène Delporte**.

Notre souvenir ira également à notre Correspondant **Émile Marchal**, décédé à la fin de l'an passé, et dont la mémoire n'a pu être évoquée par mon prédécesseur.

Jean Chazy, qui devait être élu en 1937 dans la Section d'Astronomie, était né le 15 août 1882 à Villefranche-sur-Saône. Élève de l'École Normale Supérieure, agrégé de Mathématiques, pensionnaire de la Fondation Thiers, il prépara, sous la direction de Paul Painlevé une thèse, soutenue en 1910, sur les équations différentielles, dans laquelle il fit preuve d'un esprit pénétrant et original. Deux ans après, l'Académie lui décernait le Grand Prix des Sciences mathématiques. Maître de Conférences à Grenoble, puis à Lille, il eut l'occasion d'enseigner, outre le calcul différentiel et intégral, la Mécanique céleste, et une voie nouvelle s'ouvrit ainsi devant lui, dans laquelle il devait faire ses plus belles découvertes. Maniant avec une parfaite aisance l'outil mathématique, il l'appliqua à l'étude des problèmes les plus controversés du mouvement des astres et se signala à l'attention

de tous les Astronomes par la solution définitive qu'il apporta au problème des trois corps.

Jean Chazy ne pouvait manquer de s'interroger sur les applications de la théorie de la Relativité à la Mécanique céleste. Il s'occupa longuement de cette question et consigna ses observations dans un important Ouvrage qui fait autorité. Nous devons rappeler enfin que, mobilisé aux armées lors de la première guerre mondiale, il donna en 1918, par ses calculs et dès les premiers coups, la position exacte de la pièce à longue portée, dite « grosse Bertha », dont les obus tombaient sur Paris.

Après avoir occupé successivement la chaire de Mécanique analytique et Mécanique céleste et celle de Mécanique rationnelle à la Faculté des Sciences de Paris, notre Confrère venait depuis quelques mois de prendre sa retraite quand il nous fut enlevé, après une courte maladie, le 9 mars 1955. Cette mort, qui nous a tous surpris et attristés, prive spécialement les Astronomes mathématiciens de leur conseiller le plus bienveillant et le plus qualifié.

Celle de **Pierre Teilhard de Chardin**, survenue le 10 avril 1955 à Saint-Andrews-sur-Hudson, non loin de New-York, a mis fin à la brillante carrière d'un grand voyageur, d'un géologue et paléontologue passionné et d'un penseur d'une rare élévation.

Né le 1er mai 1881 à Orcines (Puy-de-Dôme), il fit ses études au Collège des Jésuites de Villefranche-sur-Saône, où s'affirma une vocation religieuse qui, sa vie durant, devait s'épanouir parallèlement à celle, non moins exigeante, du savant. Après un court séjour en Angleterre où il participe aux fouilles de Piltdown — qui devaient atteindre récemment à une étrange célébrité — et une rapide incursion en Égypte, il se fixe pour un temps à Paris, et, à partir de 1912, il entreprend au Muséum, dans le laboratoire de Marcellin Boule, des recherches sur les Vertébrés des Phosphorites du Quercy, prélude à sa thèse de doctorat sur les Mammifères de l'Éocène inférieur. Entre temps, la guerre de 1914 le prend; il y fait, dans les postes avancés magnifiquement son devoir, méritant la croix de guerre, la médaille militaire, la Légion d'honneur. En 1922, sa thèse achevée, il devient professeur de Géologie à l'Institut catholique de Paris.

Mais, bientôt, commence pour lui l'ère des grands voyages, durant laquelle ses travaux l'entraînent successivement en Chine, en Éthiopie, dans l'Inde, en Birmanie, à Java, en Afrique australe. Partout la moisson est abondante. Il revient de sa traversée de l'Ordos et du désert de Gobi avec d'importants documents paléontologiques sur les Mammifères tertiaires dont il peut reconstituer l'évolution; en Asie du Nord, il établit, d'une façon irréfutable l'existence de l'Homme paléolithique; près de Pékin,

il dirige à Chou-Kou-Tien l'étude des gisements à Sinanthropes; à Java, il participe à la fouille de ceux à Pithécanthropes, il en rapporte le premier objet travaillé attestant l'usage du feu; en Éthiopie, il découvre les grottes peintes du Harrar; enfin, en Afrique australe, il visite tous les sites à Australopithèques, y recueille en place une industrie lithique très fruste et décrit le crâne néanderthalien de Saldanha.

Pierre Teilhard, ce Confrère de rapports si agréables et dont la personne dégageait un si vif rayonnement, appartenait à notre Compagnie depuis 1947 en qualité de Correspondant; il en avait été élu Membre non résidant en 1950. Il s'était, on le voit, toujours senti attiré par tout ce qui pouvait éclairer les origines de l'Homme. Mais, dépassant le cadre de l'évolution somatique, il envisageait le *Phénomène humain* dans toute son ampleur, confrontant pour les unir les données de la Science et la Foi. Cette union, dès longtemps, était pleinement réalisée pour lui lorsque, le jour de Pâques 1955, il nous fut brusquement enlevé.

Albert Michel-Lévy est né à Autun le 3 juillet 1877. Fils d'Auguste Michel-Lévy qui enseigna la Géologie et la Pétrographie au Collège de France et appartint à notre Académie, il fut initié de bonne heure aux recherches sur le terrain. Cependant, il ne fit œuvre originale dans cette voie qu'après avoir passé par l'Institut Agronomique et l'École des Eaux-et-Forêts. A 24 ans, il entre au Collège de France, au Laboratoire de Ferdinand Fouqué, et commence l'étude détaillée des massifs anciens du sol Français : du Morvan d'abord dont il fait le sujet de sa thèse de doctorat, puis des Vosges, de certains points du Lyonnais, des Maures, de l'Estérel. Il venait d'être chargé de l'enseignement de la Pétrographie à la Sorbonne quand éclata la guerre de 1914, durant laquelle il fut grièvement blessé. De retour à son laboratoire, il s'intéresse, curieusement, à l'évolution des explosifs et, à l'aide du microscope polarisant détermine leurs altérations. Il met au point, avec plusieurs collaborateurs, une technique qui lui permet d'opérer sur des quantités infimes de matière, des cristaux isolés, qu'il fait exploser sur la platine du microscope et dont il observe les fortes et brèves luminosités dues à l'onde de choc. Ces recherches, que, de prime abord, on pourrait croire étrangères à la Pétrographie, le conduisent en réalité, en utilisant les températures élevées et les hautes pressions dégagées au cours des explosions, à entreprendre des essais de synthèse de minéraux et de roches cristallines.

La guerre, de nouveau, interrompt ses recherches. Les abominables mesures d'exception dont il est victime et surtout la mort de son fils, torturé et fusillé par les Allemands, lui font une blessure autrement douloureuse et profonde que celle dont il avait été victime durant l'autre guerre.

Cependant, en zone dite libre, il se réfugie dans le travail. De retour à Paris, où il retrouve la chaire dont il était titulaire depuis 1936, il reprend ses essais sur la synthèse des minéraux.

Il était nôtre depuis le 22 janvier 1945. D'abord assidu à nos séances, peu à peu sa présence s'y fit rare jusqu'au moment où l'aggravation de son état de santé nous en priva définitivement. Il s'est éteint à Paris le 2 mai 1955, laissant une œuvre solide et originale, et le souvenir d'un Confrère affable et modeste.

Maurice Javillier, né à Nevers le 5 février 1875, acquiert à Paris ses diplômes de pharmacien et de licencié ès sciences. Il enseigne pendant près de dix ans à l'École de Médecine et de Pharmacie de Tours, puis revient à Paris travailler, soit au Muséum, soit à l'Institut Pasteur auprès de notre confrère Gabriel Bertrand, dont il s'assimile les techniques analytiques précises. Il occupe en 1927, à la Sorbonne, la chaire de Chimie biologique et, en 1931, celle du Conservatoire des Arts et Métiers. Ses travaux concernent la Chimie biologique et ses applications à la Médecine et à l'Agronomie.

En toute matière, il a fait œuvre de pionnier. Il paraît banal de dire aujourd'hui que le zinc, le manganèse, le magnésium sont nécessaires au fonctionnement de la cellule vivante; que la vitamine A dérive du carotène. Mais ces faits essentiels, classiques, c'est au prix de longs efforts et grâce à une technique impeccable que Javillier est arrivé à les établir, ouvrant ainsi la voie à d'innombrables chercheurs. Bien plus, certaines maladies des végétaux et des animaux ont pu être reconnues comme provenant de la carence de l'un ou l'autre de ces éléments et traitées en conséquence par l'emploi, judicieusement préconisé par lui, de composés magnésiens et de sels de zinc dans les cultures et l'alimentation. Devant des services aussi éminents, en présence de ses belles recherches sur le rôle biologique du phosphore, les Académies de Médecine et d'Agriculture lui ouvrent leur porte et l'Académie des Sciences le reçoit en 1936 dans sa Section d'Économie rurale.

Son érudition, sa parole facile et claire en faisaient un excellent professeur qui, dans plusieurs ouvrages, a su donner des vues générales et personnelles sur la Chimie des êtres vivants.

C'est avec peine que ses confrères et ses amis suivaient les progrès du mal qui devait l'emporter le 15 juin 1955. Lui-même, sans illusion, faisait courageusement face à la douleur et, jusqu'au dernier moment, demandait à être tenu au courant des travaux de l'Académie qu'il avait présidée en 1951.

Avec **Emmanuel de Martonne**, qui nous a quittés à l'âge de 82 ans, le 24 juillet dernier, nous avons perdu un grand géographe, grand par

l'étendue de sa culture, par son œuvre personnelle, par la renommée qu'il s'était acquise à l'étranger.

Cet agrégé de Lettres, à peine sorti de l'École Normale Supérieure prépare sa licence ès sciences et se spécialise dans le domaine de la Géographie physique. Ce sont d'abord les Carpathes méridionales qu'il explore, dont il fait des levés topographiques minutieux, dont il parcourt les vallées, sonde les lacs, suit le cours des rivières et dont il nous revient avec deux thèses, en Sciences et en Lettres. Plus tard, tandis qu'il occupe la chaire de Géographie de la Faculté de Lyon, il parcourt les Hautes-Alpes, s'intéresse au mouvement des glaciers et consigne ses observations dans un Mémoire où il expose des vues entièrement originales sur l'érosion glaciaire et l'évolution des vallées alpines.

Appelé à Paris, c'est à lui que revient l'honneur et la tâche d'organiser cet Institut de Géographie qu'il sut faire digne de notre Faculté des Lettres et où il enseigna par la parole et par l'exemple, entraînant ses élèves en de lointaines excursions et notamment jusqu'aux confins du Sahara.

Les régions désertiques devaient d'ailleurs à la suite de ses voyages non seulement en Afrique, mais aussi en Amérique du Sud, lui fournir le sujet d'importants mémoires qui nous ont révélé l'étendue insoupçonnée sur notre globe de ce domaine aride dont il a donné les caractéristiques précises et, dans bien des cas, expliqué la genèse.

Nous le voyons enseigner à New York, à Cluj, à Prague, diriger les Congrès internationaux, l'Union géographique internationale et partout faire rayonner la science française. Son *Traité de Géographie physique* aux multiples éditions et traductions a sa place dans toutes les bibliothèques où il devançait cette *Géographie de l'Europe Centrale* dont les deux volumes s'insèrent dans la nouvelle *Géographie universelle* qu'avait conçue son maître Paul Vidal de La Blache.

Il était Membre de notre Académie depuis 1942. Nous garderons longtemps le souvenir de ce travailleur infatigable, consciencieux et intransigeant dont l'œuvre lui vaut une des meilleures places dans la lignée de nos grands géographes.

Et nous avons aussi perdu, au mois d'août dernier, **Maurice Gignoux**, qui, depuis 1946, était Membre non résidant de notre Académie.

Lyonnais d'origine, ce brillant élève de l'École Normale Supérieure, reçu premier à l'agrégation, soutint à Lyon une thèse remarquée sur la succession des terrains pliocènes et quaternaires qu'il étudia en Calabre, en Sicile, et dans laquelle il précisa notamment la date d'apparition des faunes chaudes et froides qui, tour à tour, peuplèrent à ce moment la Méditerranée.

Mais, les Alpes l'attiraient. Déjà, lors de son premier séjour à la Faculté de Grenoble, l'artiste avait été séduit par leur aspect grandiose et le géologue, par les multiples problèmes qui se posaient à lui, au cours de ses ascensions. Ce fut seulement quand il y revint de la Faculté de Strasbourg réoccupée, où, durant sept ans, son séjour fut marqué par des études paléontologiques, par sa participation à la fondation de l'École nationale du Pétrole et par son lumineux enseignement, qu'il s'attaqua à l'interprétation de la structure et de la morphologie des Alpes dauphinoises.

A Grenoble, aussi, ses connaissances parfaites de la géologie et de la nature des terrains furent largement mises à profit dans les aménagements hydrauliques qui ont pris tant d'importance dans cette région.

Maurice Gignoux, enfin, laisse une œuvre magistrale, sa *Géologie stratigraphique* dont les nombreuses éditions en France et à l'étranger montrent que partout a été apprécié à sa juste valeur un ouvrage où s'affirment ses qualités exceptionnelles de clarté, d'exposition et de synthèse dans un domaine particulièrement ardu.

Sir **Alexander Fleming**, né en 1881 dans une ferme d'Écosse, près de Darvel, ne connut qu'un seul laboratoire, celui de l'hôpital Sainte-Marie à Londres, où sous la direction de son maître Sir Almroth Wright qui fut des nôtres, il étudia la physiologie microbienne. Ses travaux sur les antiseptiques faisaient déjà autorité lorsque, en 1928, il s'aperçut que dans une culture de Staphylocoques fortuitement envahie par une moisissure ceux-ci disparaissaient à ce contact. Mis en éveil par ce phénomène accidentel, Fleming entreprend une série d'expériences qui lui montre que la moisissure ainsi introduite et qui n'est autre que le *Penicillium notatum* élabore une substance antibactérienne à laquelle il donne le nom de pénicilline.

Pareillement, l'altération d'une solution saline, une solution de tartrate inactive sur la lumière polarisée, abandonnée par Pasteur dans son laboratoire, est l'incident que l'on trouve à la base de la microbiologie médicale.

Ce rapprochement, qu'impose la genèse de deux grandes découvertes qui ont apporté l'une et l'autre tant de soulagement à l'humanité, fixe exactement quel rôle peut être celui du hasard quand il collabore avec des hommes de génie.

Avec la découverte de Fleming s'ouvrait l'ère des antibiotiques, c'est-à-dire un bouleversement complet dans la lutte contre les maladies microbiennes et d'innombrables vies humaines sauvées d'une fin prématurée.

Sir Alexander Fleming, prix Nobel, faisait depuis 1954 partie de notre Académie comme Associé étranger. Sa perte, survenue brusquement le 11 mars 1955, atteint l'humanité tout entière qui doit à ce savant modeste

et désintéressé un immense tribut de reconnaissance comme à un de ses plus grands bienfaiteurs.

Le 18 avril 1955, les savants de tous pays prenaient le deuil : **Albert Einstein**, ce puissant génie qui avait bouleversé nos conceptions de l'espace, du temps, de la matière, et qui avait jeté les bases d'une cosmogonie nouvelle; cet homme de cœur, apôtre de la fraternité humaine, venait de mourir dans sa retraite de Princeton, aux États-Unis.

Albert Einstein, que notre Académie s'honorait de compter, depuis 1933, au nombre de ses Associés étrangers, était né le 14 mars 1879 à Ulm en Wurtenberg. Après avoir achevé ses études supérieures au Polytechnicum de Zurich, et alors qu'à 26 ans il était employé au Bureau fédéral des brevets de Berne, en trois Mémoires consécutifs il se révéla comme un des plus grands novateurs de la Physique théorique. C'est, en effet, de cette année 1905 que datent : son premier exposé de la théorie de la Relativité, son étude sur la Thermodynamique statistique et l'introduction de la notion des quanta dans la théorie de la lumière. Ainsi était dévoilé le principe si gros de conséquences, suivant lequel tout corps renferme une énergie interne proportionnelle à sa masse, étaient énoncées les lois du mouvement brownien, était posé le problème du dualisme des ondes et des corpuscules, clef de voûte de la Mécanique ondulatoire. En 1916, devenu professeur à l'Université de Berlin, il généralise la théorie de la Relativité dont il devait tirer sa célèbre théorie de la gravitation, qui restera, ainsi qu'a pu l'écrire notre Confrère Louis de Broglie « l'un des plus beaux monuments de la Physique mathématique du xxe siècle ».

Prix Nobel, Albert Einstein, en pleine gloire, est cependant bientôt obligé de fuir le régime hitlérien. Les États-Unis l'accueillent et lui confient la direction de l'Institut d'Études supérieures de Princeton. Tout en y continuant ses recherches théoriques, il est saisi d'angoisse quand il apprend que, recherchant les applications du principe de l'inertie et de l'énergie, qui découlait de son œuvre première, on s'apprête à utiliser à des fins guerrières l'énergie nucléaire. Cet homme compatissant à toutes les misères n'a cessé, dès lors, d'avertir l'humanité des périls qu'elle allait courir. Son dernier acte fut de suggérer et de signer cet appel tragique aux Chefs d'État, dont nous eûmes connaissance il y a quelques mois. Après quoi, cette grande lumière s'éteignit brusquement.

Émile Marchal, né le 10 avril 1871 dans le Limbourg Belge, à Maeseyck, fondateur de la Station phytopathologique de Gembloux, était notre Correspondant pour la Section d'Économie rurale depuis 1933.

Dans ses premiers travaux, il expose des vues originales sur la production de l'ammoniaque dans le sol. Mais il est surtout connu par ses remarquables expériences, qui lui permirent d'augmenter à volonté le nombre des chromosomes des végétaux inférieurs. Avec la découverte de la diploïdie s'ouvrait, en effet, un nouveau chapitre, d'importance capitale, de la génétique expérimentale. Ce savant modeste, ce professeur hors de pair est mort à l'âge de 83 ans, le 17 novembre 1954.

Gustave Nicolas, professeur honoraire à la Faculté des Sciences de Toulouse, avait été élu Correspondant de notre Académie pour la Section de Botanique le 24 avril 1944; il est mort à Toulouse le 29 janvier 1955.

Après avoir étudié l'activité respiratoire des divers organes végétatifs des plantes supérieures et l'influence des Champignons parasites sur la respiration des tissus, il se consacra à des recherches sur l'amélioration des plantes cultivées. On lui doit, à ce titre, la création d'hybrides, de variétés sélectionnées de blé qui ont été à la base d'importants accroissements de rendement dans la région du Sud-Ouest.

Charles Courtot, qui fut professeur à la Faculté des Sciences de Nancy, était notre Correspondant depuis 1945. Ses travaux les plus importants concernent, presque tous, la Chimie des colorants qui lui doit des progrès remarquables et des applications industrielles du plus haut intérêt. C'est à lui que fut confiée la rédaction de nombreux chapitres du *Traité de Chimie organique* publié sous la direction de son maître, notre regretté Confrère Victor Grignard. Il est, en outre, l'auteur d'une magistrale monographie sur le *Magnésium en chimie organique.* Après bien des épreuves, Charles Courtot s'est éteint prématurément le 25 février dernier, à l'âge de 67 ans.

Georges Reboul est spécialement connu par ses études sur les phénomènes de surface, et par ses observations sur les radiations du domaine intermédiaire, certaines variétés de rayons X susceptibles de rendre les gaz conducteurs ou d'impressionner les plaques photographiques.

Sa parole claire, son enthousiasme groupaient autour de lui de nombreux élèves qui admiraient également l'ingéniosité et l'habileté expérimentale du maître. Successivement professeur aux Facultés de Poitiers et de Montpellier, il est mort le 22 mai dernier; il avait été élu, en 1943, Correspondant de l'Académie des Sciences pour la Section de Physique.

Paul Becquerel, Professeur honoraire à la Faculté de Poitiers, s'est appliqué à étudier la structure et le devenir de la matière vivante maintenue

en activité ralentie ou même suspendue. C'est le cas des graines, des spores et des cellules privées d'eau, d'oxygène, soumises aux basses températures. Il a pu faire germer normalement des graines vieilles de plus de 150 ans et rendre à la vie des cellules et des organismes soumis à la température de — 260° C. Ces expériences ont ainsi éclairé d'un jour nouveau nos connaissances sur des états très particuliers de la matière végétale et lui ont valu d'être élu, en 1945, Correspondant pour la Section de Botanique. Il a succombé brusquement en juin dernier.

Henri Dulac, qui occupa de longues années la chaire de Mathématiques pures de la Faculté de Lyon, s'est attaché à l'étude des solutions réelles des équations différentielles, des points singuliers de leurs intégrales, des cycles limites dont il parvint à fixer le nombre.

Dans tous ses travaux, il apporte des solutions nettes et fécondes à des problèmes d'une extrême difficulté, devant lesquels avaient échoué nombre de ses devanciers les plus illustres.

En avril 1944, il avait été élu Correspondant pour notre Section de Géométrie. Il nous a quittés le 2 septembre dernier, à l'âge de 85 ans.

Eugène Delporte a accompli toute sa carrière à l'Observatoire royal de Belgique, à Uccle, où il a débuté en 1903 et dont il est devenu le Directeur, en 1926.

Les nombreuses observations méridiennes faites de 1903 à 1919 lui ont permis de dresser deux importants catalogues stellaires. Puis, à l'aide du grand astrographe double, dont fut doté son observatoire, il obtint des documents photographiques précieux intéressant surtout les astéroïdes. Parmi les 200 astres dont on lui doit la découverte, on peut citer les deux petites planètes qui s'approchent au plus près de la Terre.

Élu Correspondant de notre Académie en 1947, Eugène Delporte, bien qu'atteint par la limite d'âge il y a déjà plusieurs années, n'avait jamais cessé son activité scientifique et c'est à sa table de travail qu'une crise cardiaque l'a terrassé le 19 octobre dernier.

*
* *

Cette longue liste est close. Chaque année, la mort fauche ainsi dans nos rangs. En accomplissant sa triste besogne, elle nous prive, certes, de la présence de Confrères et d'amis qui nous étaient chers; sans doute, elle met un terme à leurs travaux, à leurs découvertes. Mais elle est impuissante

à arrêter l'élan qui émane de leurs œuvres et qui féconde les recherches à venir. C'est là leur privilège, à eux qui sont assez grands pour n'être pas entièrement saisis par elle. Dans tous les domaines, nous bâtissons sur des fondations lentement édifiées par nos prédécesseurs dont la pensée demeure toujours vivante parmi nous.

Cette solidarité, cette continuité nous apparaissent d'autant plus inéluctables qu'il n'est, pour ainsi dire, pas de découverte intervenant dans une branche quelconque de la Science qui ne retentisse, de proche en proche, sur le développement de l'arbre tout entier.

L'Océanographie, dont j'aurais voulu pouvoir vous entretenir plus longuement, fournit précisément l'occasion de montrer en quoi ses progrès récents sont redevables à ceux des autres disciplines et ouvrent, en échange, des voies nouvelles sur lesquelles s'engagent les adeptes de disciplines voisines. C'est à la Chimie et à la Physique, elles-mêmes dépendant de la Mathématique, qu'elle a fait récemment les plus utiles emprunts et c'est à la Géologie, à la Physique du Globe qu'elle apporte les données essentielles à un nouvel essor.

Qu'il me suffise de rappeler que l'emploi généralisé des sondages sonores et ultrasonores a complètement modifié les notions que nous avions de la morphologie du fond des mers. Nous savons maintenant que le relief sous-marin est fortement accidenté et qu'en dehors des chaînes de montagnes déjà révélées par les procédés anciens, dans chaque bassin, au lieu de la plaine vaseuse que l'on croyait s'y trouver, surgissent une série d'éminences, de crêtes abruptes dont on cherche à expliquer la genèse.

Quant aux sédiments eux-mêmes, c'est en utilisant la réfraction des ondes de choc qu'on est arrivé à déterminer non seulement leur épaisseur, mais, allant au-delà, la nature du substratum sur lequel ils reposent. Or, il est des régions non loin de nous, dans le proche Atlantique, où ces sédiments dépassent 4 500 m d'épaisseur et qui ont donc commencé à se déposer sur un sol en place depuis environ 500 millions d'années.

Aussi bien, l'âge de ces dépôts peut être calculé maintenant sur des bases précises à l'aide des isotopes radioactifs, principalement ceux du carbone (^{14}C) et de l'oxygène (^{18}O).

Le radiocarbone permet aussi d'évaluer la production de matière organique par le phytoplancton dans la couche éclairée des Océans et, par conséquent, la richesse des mers. Nous n'avions jusqu'ici, pour tenter ces évaluations, que la possibilité de doser les modifications produites, en un temps déterminé, par la photosynthèse de ces êtres à chlorophylle contenus dans un certain volume d'eau. Il suffit actuellement, pour aboutir plus sûrement au même but, de mesurer, par comparaison avec une solution de bicarbonate de radioactivité connue, la quantité de carbone que le phytoplancton utilise en un jour pour édifier sa propre substance.

On peut, de même, extraire de l'eau profonde le carbonate qu'elle contient et dont la radioactivité permet alors de déterminer l'intervalle de temps écoulé depuis le moment où cette eau a perdu contact avec l'atmosphère et a progressé vers le fond. Les essais préliminaires donnent à certaines eaux profondes de l'Atlantique un âge de 1700 ans, accusant l'extrême lenteur des courants abyssaux et des échanges avec la surface.

Avec les isotopes de l'oxygène ce sont les variations des climats, celles des températures ayant régné dans les mers anciennes que nous pouvons mettre en évidence. Appliquée aux coquilles calcaires des Invertébrés marins à zones de croissance annuelles, cette méthode permet même de calculer l'amplitude des variations saisonnières ayant autrefois existé au moment de leur formation.

Ces quelques exemples que l'on pourrait multiplier, suffisent à montrer quels immenses progrès, grâce aux récentes découvertes des physiciens et des chimistes, sont en train de s'accomplir dans nos connaissances sur l'évolution des Océans à travers les âges, sur les conditions offertes, autrefois et aujourd'hui, aux êtres qui les ont successivement peuplés.

Il me sera permis de rappeler ici qu'à la base de ces découvertes s'inscrivent les noms de deux de nos Confrères. C'est à la suite des travaux du regretté Paul Langevin et de ses collaborateurs que les sondages ultrasonores sont entrés dans la pratique courante; c'est aux recherches de notre Confrère Frédéric Joliot et de Mme Joliot-Curie sur la radioactivité artificielle que nous devons d'avoir à notre disposition les isotopes dont l'emploi dans tous les domaines se révèle de jour en jour plus fécond.

Évoquant ainsi certains faits qui, parmi tant d'autres, montrent le nouvel essor, plein de promesses, pris, durant ces dernières années par l'Océanographie, nous avons plaisir à constater que la France, après avoir ouvert la voie dans un domaine où, faute d'aide officielle, elle s'était vue longuement distancée, s'efforce de reprendre aujourd'hui sa place parmi des nations jusque là plus favorisées. La création récente, au sein de l'Université, de chaires d'Océanographie; la mise à la disposition de nos savants d'un navire de haute mer spécialement équipé, la *Calypso*, et d'un laboratoire sous-marin de grandes profondeurs, le Bathyscaphe, sont les premières manifestations, hautement appréciées, de l'intérêt que porte désormais le Gouvernement à ces recherches. Mais il est indispensable que cet effort s'accentue pour que notre pays puisse apporter une digne et active collaboration à une œuvre par essence internationale.

MESSIEURS,

Vous allez entendre la lecture des prix décernés par notre Compagnie. L'an dernier, mon éminent prédécesseur à cette place, le duc de Broglie,

déplorait la modicité des sommes remises à nos lauréats. Nous sommes heureux de voir que cet appel a été entendu et nous pouvons, cette année, offrir aux savants et chercheurs que nous récompensons autre chose que notre estime pour leurs travaux. Nous en remercions sincèrement M. Charles Viatte, Président de la Commission de l'Éducation Nationale de l'Assemblée, qui en prit l'initiative, M. le Ministre de l'Éducation Nationale, M. Edgar Faure, qui, alors Ministre des Finances, rendit la décision possible et le Parlement tout entier. Nous ne doutons pas que ce dernier tiendra à perpétuer un geste qui lui fait honneur.

Je donne la parole à M. le Secrétaire perpétuel pour la lecture du palmarès.

PRIX ET SUBVENTIONS ATTRIBUÉS EN 1955.

MATHÉMATIQUES.

Commissaires : MM. J. Hadamard, Ém. Borel, H. Villat, L. de Broglie, G. Julia, J. Chazy, P. Montel, A. Denjoy, J. Pérès, R. Garnier.

PRIX CARRIÈRE (110.000^{fr}). — Le prix est décerné à M. **Laurent Schwartz**, professeur à la Faculté des sciences de Paris, pour ses travaux sur les distributions. *Rapporteur :* M. G. Julia.

PRIX VICTOR THÉBAULT (80.000^{fr}). — Le prix est décerné à M. **Arthur Tresse**, inspecteur général honoraire de l'Instruction publique, pour ses travaux de géométrie, en particulier de géométrie non euclidienne et pour les recherches qu'il a suscitées en géométrie élémentaire. *Rapporteur :* M. G. Julia.

MÉCANIQUE.

Commissaires : MM. Ém. Borel, A. de Gramont, H. Villat, L. de Broglie, G. Julia, A. Caquot, J. Pérès, H. Beghin, M. Roy, J. Leray.

PRIX MONTYON (250.000^{fr}). — Le prix est partagé entre :

M. **Nicolas Minorsky**, professeur honoraire à l'Université Stanford (Californie), pour ses travaux sur les vibrations non linéaires. *Rapporteur :* M. H. Beghin.

M. **Roger Brard**, ingénieur général du Génie maritime, pour ses travaux relatifs à l'hydraulique des carènes. *Rapporteur :* M. G. Julia.

PRIX HENRY BAZIN (80.000^{fr}). — Le prix est décerné à M. **Charles Chartier**, professeur à la Faculté des sciences de Poitiers, pour ses travaux sur la Mécanique des fluides. *Rapporteur :* M. H. Villat.

ASTRONOMIE.

Commissaires : MM. Ch. Maurain, L. de Broglie, G. Fayet, L. Picart, P. Montel, J. Cabannes, A. Danjon, J. Baillaud, A. Couder, N...

MÉDAILLE JULES-CÉSAR JANSSEN. — La médaille est décernée à M. **Otto Struve**, professeur à l'Université de Berkeley (Californie), pour l'ensemble de ses travaux sur la spectrographie des étoiles et des nébuleuses. *Rapporteur :* M. A. Danjon.

PRIX PIERRE GUZMAN (120.000^{fr}). — Un prix est décerné à M. **Henri Camichel**, astronome, adjoint à l'Observatoire de Bordeaux, pour ses travaux sur la planète Mars. *Rapporteur :* M. A. Danjon.

GÉOGRAPHIE.

Commissaires : MM. Ch. Maurain, J. Tilho, L. de Broglie, G. Durand-Viel, A. Chevalier, É.-G. Barrillon, Em. de Martonne, R. Courrier, D. Cot, G. Poivilliers, H. Humbert.

PRIX TCHIHATCHEF (100.000fr). — Le prix est décerné à M. l'Abbé **Pierre Bordet**, professeur à l'Institut catholique, pour ses travaux géologiques sur l'Himalaya. *Rapporteur :* M. P. FALLOT.

NAVIGATION.

Commissaires : MM. Ém. Borel, M. de Broglie, H. Villat, J. Tilho, L. de Broglie, G. Julia, A. Caquot, G. Durand-Viel, É.-G. Barrillon, J. Pérès, Em. de Martonne, H. Beghin, D. Cot, G. Poivilliers, M. Roy, J. Leray.

PRIX PLUMEY (400.000fr). — Le prix est partagé entre MM. **Jean Dieudonné**, ingénieur général de la Marine, et **Marcel-Charles Jourdain**, ingénieur en chef du Génie maritime, pour leurs travaux relatifs aux essais des bateaux à la mer. *Rapporteur :* M. É.-G. BARRILLON.

PHYSIQUE.

Commissaires : MM. M. de Broglie, Ch. Maurain, A. de Gramont, L. de Broglie, Ch. Mauguin, C. Gutton, F. Joliot, J. Cabannes, G. Ribaud, L. Leprince-Ringuet, E. Darmois, F. Perrin.

PRIX HENRI DE PARVILLE (200.000fr). — Le prix est décerné à M. **Claude Marty** et à Mme **Claude Marty**, née **Nadine Wollman**, chargés de recherches au Centre national de la recherche scientifique, pour leurs travaux de physique nucléaire. *Rapporteur :* M. F. JOLIOT.

PRIX PIERSON-PERRIN (110.000fr). — Le prix est décerné à M. **Charles Fert**, professeur à la Faculté des sciences de Toulouse, pour ses travaux relatifs à l'Optique électronique. *Rapporteur :* M. A. DE GRAMONT.

CHIMIE.

Commissaires : MM. G. Bertrand, M. Delépine, M. Javillier, P. Lebeau, J. Duclaux, R. Courrier, L. Hackspill, P. Pascal, Ch. Dufraisse, G. Chaudron.

PRIX MONTYON DES ARTS INSALUBRES (250.000fr). — Le prix est décerné à M. **René Truhaut**, professeur à la Faculté de pharmacie de Paris, pour ses travaux concernant l'hygiène industrielle et agricole. *Rapporteur :* M. P. LEBEAU.

PRIX JECKER (300.000fr). — Le prix est décerné à M. **Antoine Willemart**, maître de conférences à la Faculté des Sciences de Paris, pour l'ensemble de ses travaux de chimie organique. *Rapporteur :* M. CH. DUFRAISSE.

PRIX PAUL MARGUERITE DE LA CHARLONIE (450.000fr). — Le prix est décerné à M. **Georges Dupont**, directeur honoraire de l'École normale supérieure, pour l'ensemble de ses travaux de chimie organique, théorique et appliquée. *Rapporteur :* M. G. BERTRAND.

PRIX EN HOMMAGE AUX SAVANTS FRANÇAIS ASSASSINÉS PAR LES ALLEMANDS EN 1940-1945 : RAYMOND BERR, GABRIEL FLORENCE, ANDRÉ WAHL (100.000fr). — Le prix est décerné à M. **Henri Moureu**, directeur du Laboratoire municipal de Paris, pour l'ensemble de ses travaux de chimie. *Rapporteur :* M. G. CHAUDRON.

PRIX SCHUTZENBERGER (80.000fr). — Le prix est décerné à M. **Paul Laffitte**, professeur à la Faculté des sciences de Paris, pour l'ensemble de ses travaux de chimie et en particulier ses recherches sur les flammes et les explosifs. *Rapporteur :* M. P. PASCAL.

MÉDAILLE BERTHELOT. — La médaille est décernée à :

M. **René Truhaut**, lauréat du prix Montyon des arts insalubres. *Rapporteur :* M. P. LEBEAU ;
M. **Antoine Willemart**, lauréat du prix Jecker. *Rapporteur :* M. CH. DUFRAISSE.

GÉOLOGIE.

Commissaires : MM. M. Caullery, Ch. Jacob,, Ch. Mauguin, A. Chevalier, F. Grandjean, R. Courrier, P. Fallot, P. Pruvost, R. Perrin, N...

PRIX CUVIER (100.000fr). — Le prix est décerné à M. **Jean Lehman**, chef de travaux à la Faculté des sciences de Paris, pour l'ensemble de son œuvre paléontologique sur les poissons fossiles. *Rapporteur :* M. P. PRUVOST.

PRIX ANDRÉ-C. BONNET (250.000fr). — Le prix est décerné à M. **Camille Arambourg**, professeur au Muséum national d'histoire naturelle, pour l'ensemble de son œuvre paléontologique et stratigraphique sur les vertébrés. *Rapporteur :* M. CH. JACOB.

FONDATION LUCIEN CAYEUX (80.000fr). — Les arrérages sont attribués à M. **Jacques Sigal**, ingénieur de l'École nationale supérieure du Pétrole, pour ses travaux de micrographie paléontologique. *Rapporteur :* M. P. FALLOT.

FONDS DES JEUNES GÉOLOGUES (42.000fr). — Les arrérages sont attribués à M. **Marcel Lanteaume**, préparateur temporaire au Collège de France, pour continuer ses travaux de géologie. *Rapporteur :* M. P. FALLOT.

PHYSIQUE DU GLOBE.

Commissaires : MM. Ch. Maurain, L. de Broglie, A. Chevalier, A. Pérard, F. Joliot, R. Courrier, J. Cabannes, P. Lejay, N...

FONDATION FERNAND HOLWECK (90.000fr). — Un prix est décerné à M. **Jean Coulomb**, directeur de l'Institut de physique du globe de l'Université de Paris, pour l'ensemble de ses travaux de séismologie et de magnétisme terrestre. *Rapporteur :* M. CH. MAURAIN.

BOTANIQUE.

Commissaires : MM. G. Bertrand, L. Blaringhem, A. Chevalier, G. Ramon, R. Souèges, R. Courrier, R. Heim, R. Combes, H. Humbert, Ph. Guinier.

PRIX MONTAGNE (80.000fr). — Le prix est décerné à Mme **Roger Heim**, née **Panca Eftimiu**, docteur ès sciences, pour l'ensemble de ses travaux de cytologie cryptogamique. *Rapporteur :* M. R. COMBES.

PRIX FOULON (140.000fr). — Le prix est décerné à feu **Marcel Pichon**, assistant au Muséum national d'histoire naturelle, pour l'ensemble de ses travaux sur la flore africaine et particulièrement pour son mémoire sur les Apocynacées. *Rapporteur :* M. H. HUMBERT.

ZOOLOGIE.

Commissaires MM. M. Caullery, P. Portier, Ém. Roubaud, P. Wintrebert, L. Fage, L. Binet, G. Ramon, R. Courrier, P.-P. Grassé, Ch. Champy.

PRIX SAVIGNY (80.000fr). — Le prix est décerné à M. **Gustave Cherbonnier**, assistant au Muséum national d'histoire naturelle, pour ses travaux sur la faune de la Mer Rouge. *Rapporteur :* M. L. FAGE.

PRIX POUCHARD (80.000fr). — Le prix est décerné à M. **Marcel Couturier**, docteur en médecine, pour ses ouvrages sur *Le Chamois* et *L'Ours Brun* (Ursus Arctos *L.*). *Rapporteur :* M. P.-P. GRASSÉ.

ÉCONOMIE RURALE.

Commissaires : MM. G. Bertrand, L. Blaringhem, M. Javillier, A. Chevalier, R. Courrier, A. Mayer, M. Lemoigne, Ph. Guinier, R. Dujarric de la Rivière, N...

PRIX FOULON (140.000fr). — Le prix est décerné à M. **Charles Brioux**, directeur honoraire de la Station agronomique de la Seine-Maritime, pour ses travaux consacrés à la recherche agronomique et à la pratique agricole. *Rapporteur :* M. M. JAVILLIER.

MÉDECINE ET CHIRURGIE.

Commissaires : MM. P. Portier, E. Sergent, L. Binet, G. Ramon, R. Courrier, Ch. Laubry, R. Leriche, J. Tréfouël, A. Lacassagne, G. Guillain, L. Bazy, Ch. Champy.

PRIX MONTYON (500.000fr). — Le prix est décerné à M. **Jean Roche**, professeur au Collège de France, pour ses travaux sur les hormones thyroïdiennes. *Rapporteur :* M. L. BINET.

PRIX BRÉANT (350.000fr). — Le prix est décerné à M. **René Fauvert**, professeur agrégé à la Faculté de médecine de Paris, pour l'ensemble de ses recherches de physiologie pathologique et de thérapeutique. *Rapporteur :* M. L. BINET.

PRIX CHAUSSIER (80.000fr). — Le prix est décerné à M. **Jean Patel**, professeur agrégé à la Faculté de médecine de Paris, pour son livre sur *La chirurgie de la rate*. *Rapporteur :* M. L. BINET.

PRIX DUSGATE (80.000fr). — Le prix est décerné à M. **René Hazard**, professeur à la Faculté de médecine de Paris, pour ses recherches, sur les substances anesthésiantes. *Rapporteur :* M. L. BINET.

CANCER ET TUBERCULOSE.

Commissaires : MM. M. Caullery, L. Binet, G. Ramon, R. Courrier, Ch. Laubry, R. Leriche, A. Lacassagne, G. Guillain.

PRIX ROBERGE (90.000fr). — Le prix est décerné à M. **Jean Paraf**, médecin des hôpitaux, pour ses travaux sur le traitement de la tuberculose pulmonaire. *Rapporteur :* M. CH. LAUBRY.

PRIX BARIOT-FAYNOT (80.000fr). — Le prix est décerné à M. **Nguyen Dat-Xuong**, chargé de recherches au Centre national de la recherche scientifique, pour ses travaux de chimiothérapie du cancer, de la tuberculose et de la lèpre. *Rapporteur :* M. A. LACASSAGNE.

FONDATION ROY-VAUCOULOUX (180.000fr). — Un prix est décerné à M. **Henri Bénard**, professeur à la Faculté de médecine de Paris, pour l'ensemble de ses travaux et en particulier pour ses travaux de physiologie pathologique sur le foie, le rein et le sang. *Rapporteur :* M. L. Binet.

PHYSIOLOGIE.

Commissaires : MM. M. Caullery, P. Portier, L. Binet, G. Ramon, R. Courrier, P.-P. Grassé, A. Lacassagne, G. Guillain.

PRIX MONTYON (250.000fr). — Le prix est décerné à M. **Jacques Monod**, chef de service à l'Institut Pasteur, pour ses travaux sur l'adaptation enzymatique chez les Bactéries. *Rapporteur :* M. A. Lacassagne.

PRIX L. LA CAZE (300.000fr). — Le prix est décerné à M. **Maurice Fontaine**, professeur au Muséum national d'histoire naturelle, pour ses travaux relatifs à l'endocrinologie des Poissons dans ses rapports avec les migrations. *Rapporteur:* M. P. Portier.

APPLICATIONS DE LA SCIENCE A L'INDUSTRIE.

PRIX ALEXANDRE DARRACQ (300.000fr). — Commissaires : MM. M. Delépine, L. de Broglie, A. Caquot, G. Durand-Viel, R. Esnault-Pelterie, É.-G. Barrillon, J. Pérès, R. Courrier, L. Hackspill.

Le prix est décerné à M. **Eugène Freyssinet**, inspecteur général des Ponts et chaussées, pour son invention du béton précontraint. *Rapporteur :* M. A. Caquot.

PRIX CHARLES FRÉMONT (80.000fr). — Commissaires : MM. L. de Broglie, R. Esnault-Pelterie. É.-G. Barrillon, A. Portevin, A. Pérard, G. Ramon, R. Courrier, P. Chevenard, G. Darrieus, H. Parodi, R. Perrin.

Le prix est décerné à M. **René Baillaud**, directeur de l'Observatoire de Besançon, pour ses travaux d'astronomie et de chronométrie. *Rapporteur :* M. A. Pérard.

STATISTIQUE.

Commissaires : MM. Ém. Borel, L. Blaringhem, Ch. Maurain, H. Villat. L. de Broglie, P. Montel, A. Denjoy, R. Courrier, N...

PRIX MONTYON (250.000fr). — Le prix est décerné à M. **Georges Darmois**, membre de l'Académie des sciences, pour l'ensemble de ses travaux de statistique mathématique. *Rapporteur :* M. Ch. Maurain.

HISTOIRE ET PHILOSOPHIE DES SCIENCES.

Commissaires : MM. Ém. Borel, M. Caullery, M. Delépine, H. Villat, L. de Broglie, P. Montel, R. Courrier, R. Heim, N...

PRIX BINOUX. — Deux prix de 100.000fr sont décernés à :

M. **Louis Chauvois**, directeur adjoint du Laboratoire de physique biologique des hautes études, pour ses recherches sur la physiologie au XVIIe siècle. *Rapporteur :* M. M. Caullery.

M. **René Fric**, chargé d'enseignement à l'Institut de chimie de l'Université de Clermont-Ferrand, pour la publication de la correspondance de Lavoisier. *Rapporteur :* M. L. de Broglie.

OUVRAGES DE SCIENCES.

Commissaires : MM. L. Fage, A. de Gramont, L. de Broglie, R. Courrier, Ém. Borel, M. Caullery, A. Pérard.

PRIX HENRI DE PARVILLE (160.000fr). — Le prix est décerné à M. **René Dugas**, examinateur des élèves à l'École polytechnique, pour son ouvrage intitulé : *La Mécanique au* XVIIe *siècle. Rapporteur :* M. L. DE BROGLIE.

PRIX GÉNÉRAUX.

PRIX FONDÉ PAR L'ÉTAT : Grand prix des sciences chimiques et naturelles (500.000fr). — Commissaires : MM. M. Caullery, L. Blaringhem, M. Delépine, A. Chevalier, L. Binet, R. Courrier, R. Leriche, P.-P. Grassé.

Le prix est décerné à M. **Emmanuel Fauré-Frémiet**, professeur honoraire au Collège de France, pour l'ensemble de ses travaux de biologie. *Rapporteur :* M. M. CAULLERY.

PRIX SERRES (80.000fr). — Commissaires : MM. M. Caullery, P. Portier, Ém. Roubaud, L. Binet, R. Souèges, R. Courrier, P.-P. Grassé, G. Guillain, L. Bazy, Ch. Champy.

Le prix est décerné à M. **Charles Thibault**, directeur de laboratoire à l'Institut national de la recherche agronomique, pour ses travaux sur la parthénogenèse expérimentale chez les Mammifères et la physiologie de la fécondation. *Rapporteur :* M. P.-P. GRASSÉ.

PRIX GEGNER (125.000fr). — Commissaires : MM. L. Fage, A. de Gramont. L. de Broglie, R. Courrier, Ém. Borel, G. Bertrand.

Le prix est décerné à Mlle **Geneviève Guitel**, professeur agrégé au Lycée Molière, pour sa thèse intitulée : *Étude métrique des familles de tétraèdres et de figures apparentées. Rapporteur :* M. P. MONTEL.

PRIX PETIT D'ORMOY (Sciences naturelles) (700.000fr). — Commissaires : MM. M. Caullery, A. Chevalier, Ém. Roubaud, L. Binet, R. Souèges, R. Courrier, Ch. Champy, Ph. Guinier.

Le prix est décerné à M. **Constantin Davydoff**, correspondant de l'Académie des sciences, pour l'ensemble de ses travaux zoologiques et embryologiques. *Rapporteur :* M. M. CAULLERY.

PRIX CHARLES-LOUIS DE SAULSES DE FREYCINET. — Mêmes Commissaires que pour la fondation Gegner.

Un prix de 100.000fr est décerné à feu **Pierre Sergescu**, secrétaire général de l'Union internationale d'histoire des sciences, pour l'ensemble de son œuvre en mathématiques et en histoire des sciences. *Rapporteur :* M. L. DE BROGLIE.

Cinq prix de 90.000fr sont décernés à :

M. **Paul Delost**, chargé de recherches au Centre national de la recherche scientifique, pour sa thèse sur les corrélations génito-surrénaliennes chez le campagnol des champs. *Rapporteur :* M. R. COURRIER.

M. **Émile Durand**, doyen de la Faculté des sciences de Toulouse, pour ses travaux de physique théorique. *Rapporteur :* M. L. DE BROGLIE.

M. **Paul Mandel**, professeur à la Faculté de médecine de Strasbourg, pour ses recherches sur la constance de la quantité d'acide désoxyribonucléique du noyau cellulaire chez les adultes. *Rapporteur :* M. M. JAVILLIER.

M. **Ernest Van Campenhout**, professeur à l'Université de Louvain, pour ses recherches sur les complexes épithélio-neuraux du pancréas et des glandes génitales. *Rapporteur :* M. R. Courrier.

M. **Jean Vignal**, ingénieur général des Mines, pour l'ensemble de ses travaux de nivellement. *Rapporteur :* M. A. Pérard.

PRIX HENRI BECQUEREL (130.000fr). — Mêmes Commissaires que pour la fondation Gegner.

Le prix est décerné à M. **Charles Legrand**, directeur-adjoint de laboratoire au Centre national de la recherche scientifique, pour ses travaux sur la diffraction des rayons X. *Rapporteur :* M. L. de Broglie.

PRIX GUSTAVE ROUX (80.000fr). — Mêmes Commissaires que pour la fondation Gegner.

Le prix est décerné à Mlle **Suzanne Coron**, secrétaire de la Section de gravimétrie de l'Association internationale de géodésie, pour l'ensemble de ses travaux sur la gravimétrie. *Rapporteur :* M. P. Lejay.

PRIX DE Mme VICTOR NOURY (80.000fr). — Mêmes Commissaires que pour la fondation Gegner.

Le prix est décerné à M. **Raymond Chastel**, chargé de recherches au Centre national de la recherche scientifique, pour ses recherches de chimie nucléaire particulièrement dans le domaine des photodésintégrations. *Rapporteur :* M. F. Joliot.

PRIX MARQUET (80.000fr). — Commissaires : MM. G. Bertrand, M. Caullery, M. Delépine, Ch. Jacob, A. Chevalier, A. Portevin, R. Courrier, Ch. Champy.

Le prix est décerné à M. **Jacques Forest**, assistant au Muséum national d'histoire naturelle, pour ses travaux sur les Pagures et en particulier sur ceux de la Côte occidentale d'Afrique. *Rapporteur :* M. L. Fage.

PRIX DU GÉNÉRAL MUTEAU (120.000fr). — Commissaires : MM. G. Bertrand, M. Caullery, M. Delépine, Ch. Jacob, A. Chevalier, L. Binet, A. Portevin, R. Courrier.

Le prix est décerné à M. **Hervé Floch**, directeur de l'Institut Pasteur de la Guyane française, pour l'ensemble de ses recherches sur les maladies de la Guyane. *Rapporteur :* M. G. Roubaud.

PRIX LAURA MOUNIER DE SARIDAKIS (120.000fr). — Commissaires : MM. L. Fage, L. de Broglie, R. Courrier. J. Cabannes, G. Ribaud, G. Bertrand, P. Lebeau, P. Portier, L. Binet.

Le prix est décerné à M. **Jacques Millot**, professeur au Muséum national d'histoire naturelle, pour son œuvre scientifique à Madagascar et ses recherches sur le Cœlacanthe. *Rapporteur :* M. L. Fage.

PRIX MARIE GUIDO TRIOSSI (750.000fr). — Commissaires : MM. M. de Broglie, Ch. Maurain H. Villat, L. de Broglie, G. Julia, P. Montel, É.-G. Barrillon, N....

Le prix est décerné à M. **Édouard Belin**, président d'honneur de la Société française de photographie et de cinématographie, pour l'invention des bélinogrammes. *Rapporteur :* M. L. de Broglie.

PRIX PAUL GALLET (80.000fr). — Mêmes Commissaires que pour le prix du Général Muteau.

Le prix est décerné à M. **Georges Daumain**, collaborateur au Bureau d'études minières et coloniales, pour sa participation à l'édition de la Carte géologique internationale de l'Afrique au 5/000.000e et à celle de la *Chronique des mines coloniales*. *Rapporteur :* M. Ch. Jacob.

PRIX ERNEST DECHELLE (80.000fr). — Commissaires : MM. L. de Broglie, G. Julia, P. Montel, É.-G. Barrillon, A. Denjoy, A. Pérard, J. Cabannes, N....

Le prix est décerné à M. **Jean Dufay**, directeur de l'Observatoire de Lyon, à Saint-Genis-Laval, pour ses travaux d'astrophysique. *Rapporteur :* M. J. Cabannes.

PRIX DU Dr ET DE Mme HENRI LABBÉ. — Commissaires : MM. G. Bertrand, L. Binet, R. Courrier, J. Tréfouël, A. Mayer, M. Lemoigne, Ch. Champy, N.....

Deux prix de diététique de 80.000fr sont décernés à :

M. **Hughes Gounelle**, professeur agrégé au Val-de-Grâce, pour ses travaux sur la ration alimentaire. *Rapporteur :* M. R. Courrier.

M. **Raymond Jacquot**, directeur de recherches au Centre national de la recherche scientifique, pour ses travaux sur la nutrition. *Rapporteur :* M. M. Lemoigne.

Deux prix d'enseignement ménager de 80.000fr sont décernés :

1° à Mme **Arthur Randoin**, née **Lucie Fandard**, directeur de laboratoire à l'École des hautes études, créatrice de l'Institut supérieur de l'alimentation et à Mlle **Jeanne Simonin** et Mme **Maurice Martraire**, née **Gilberte Simonin**, inspectrices générales de l'Enseignement technique, pour la part qu'elles ont prise avec Mme Randoin dans la création de l'École de diététique. *Rapporteur :* M. A. Mayer.

2° à Mme **Jean Bataillon**, née **Marguerite Flauraud**, inspectrice générale de l'Enseignement ménager au Ministère de l'Éducation nationale, pour récompenser ses efforts en vue d'élever le niveau scientifique de l'Enseignement ménager. *Rapporteur :* M. R. Courrier.

Un prix de chimie biologique de 80.000fr est décerné à M. **Paul Boulanger**, professeur à la Faculté de médecine et de pharmacie de Lille, pour l'ensemble de ses travaux de chimie biologique. *Rapporteur :* M. M. Lemoigne.

FONDS DES LABORATOIRES. — Commissaires : MM. L. Fage, A. de Gramont, L. de Broglie, R. Courrier, Ém. Borel, G. Bertrand.

Deux prix de 80.000fr sont décernés à :

M. **Ivan Assenmacher**, docteur en médecine, chef de travaux à l'École pratique des hautes études, pour sa thèse sur *La Vascularisation du complexe hypophysaire chez le canard domestique; Rapporteur :* M. R. Courrier.

Mme **Rubin Khouvine**, née **Yvonne Delaunay**, maître de recherches au Centre national de la recherche scientifique à l'Institut de biologie physicochimique, pour ses études biochimiques de divers tissus normaux et cancéreux. *Rapporteur :* M. M. Javillier.

PRIX LOUIS BONNEAU (250.000fr). — Mêmes Commissaires que pour le Fonds des Laboratoires. Le prix est décerné à M. **Albert Raynaud**, chef de laboratoire à l'Institut Pasteur, pour ses travaux sur l'endocrinologie fœtale. *Rapporteur :* M. A. Lacassagne.

PRIX DU CONSEIL SUPÉRIEUR DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE ET DU PROGRÈS TECHNIQUE.

Commissaires : MM. L. Fage, L. de Broglie, R. Courrier, M. Caullery, A. de Gramont, Ch. Mauguin, J. Duclaux, G. Darrieus, P.-P. Grassé, G. Dupouy, F. Perrin.

Le prix, de 1.000.000fr, est décerné à M. **Camille Guérin**, chef de service à l'Institut Pasteur, pour ses travaux sur le B. C. G. *Rapporteur :* M. P.-P. Grassé.

PRIX DE L'INSTITUT DÉCERNÉS SUR LA PROPOSITION DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

Commissaires : MM. L. Fage, A. de Gramont, L. de Broglie, R. Courrier, Ém. Borel, G. Bertrand.

PRIX D'AUMALE (40.000fr). — Le prix est décerné à Mme **Léon Christophe**, née **Mireille Michel-Lévy**, chargée de recherches au Centre national de la recherche scientifique, pour ses travaux de minéralogie. *Rapporteur :* M. Ch. Mauguin.

PRIX JAFFÉ (1.200.000fr). — Le prix est décerné à M. **Henri Piéron**, professeur honoraire au Collège de France, pour l'ensemble de son œuvre de psychologie scientifique basée sur l'expérimentation. *Rapporteur :* M. A. MAYER.

PRIX BERTHAULT (120.000fr). — Le prix est décerné à M. **Jean Nougaro**, maître de conférences à la Faculté des sciences et professeur à l'École nationale supérieure d'électrotechnique et d'hydraulique de Toulouse, pour l'ensemble de ses travaux de mécanique des fluides. *Rapporteur :* M. L. ESCANDE.

FONDS GÉNÉRAUX DE RECHERCHES SCIENTIFIQUES

Conseillers : MM. L. Fage, L. de Broglie, R. Courrier, Em. Borel, G. Bertrand, M. de Broglie.

FONDATION LOUTREUIL. — Les subventions suivantes sont attribuées :

— 100.000fr à M. **Maurice Fontaine**, professeur au Muséum national d'histoire naturelle, pour l'achat d'un appareil destiné à l'étude des Poissons;

— 1.000.000fr à l'**Observatoire d'Abbadia**, pour contribuer à sa remise en état définitive;

— 30.000fr à l'**Observatoire de Nice**, pour contribuer à l'entretien de son matériel;

— 50.000fr à l'**École polytechnique**, pour sa Bibliothèque;

— 100.000fr au **Muséum national d'histoire naturelle**, pour sa Bibliothèque;

— 20.000fr à la **Société d'encouragement pour l'industrie nationale**, pour sa Bibliothèque.

— 20.000fr à la **Société des Amis d'André-Marie Ampère**, pour le développement du Musée Ampère, à Poleymieux.

Rapporteur : M. R. COURRIER.

PRIX DES GRANDES ÉCOLES ET UNIVERSITÉS. BOURSES D'ÉTUDES ET DE VOYAGES.

PRIX LAPLACE. — La médaille est décernée à M. **Marcel Froissart**, né à Paris (VIe), le 20 décembre 1934, sorti premier de l'École polytechnique.

FONDATION L.-E. RIVOT. — Les quatre élèves dont les noms suivent, sortis en 1955, avec le no 1 ou 2 de l'École polytechnique, dans les Corps des mines et des ponts et chaussées reçoivent :

— M. **Marcel Froissart**, entré premier à l'École des mines, 80.000fr ;

— M. **Hubert Lévy**, entré second à l'École des mines, 40.000fr;

— M. **Maurice Etienne**, entré premier à l'École des ponts et chaussées, 80.000fr;

— M. **Alain Le Breton**, entré second à l'École des ponts et chaussées, 40.000fr.

FONDATION GIRBAL-BARAL (120.000fr). — Une allocation est attribuée à M. **Jean Cachera**, externe des hôpitaux de Paris, pour les travaux cliniques et thérapeutiques qu'il poursuit, sur le mouvement de l'eau dans l'organisme.

FONDS DES BOURSES. — Mêmes Commissaires que pour le Fonds des Laboratoires.

Une allocation de 125.000fr est attribuée à M. **Dorde Čehović**, assistant à la Faculté de médecine de Zagreb, pour ses études sur l'action des substances gonadostimulantes de mammifères chez les Daphnies. *Rapporteur :* M. R. Courrier.

FONDATION JULES ET MATHILDE RICHARD. — Mêmes Commissaires que pour le Fonds des Laboratoires.

Une bourse de 80.000fr est attribuée à M. **Émile Rinck**, chef de travaux à la Faculté des sciences de Paris, pour lui permettre de poursuivre, au Musée Océanographique de Monaco, ses recherches sur la production de la matière organique dans la mer. *Rapporteur :* M. L. Fage.

LECTURE.

M. Louis de Broglie, Secrétaire perpétuel, lit une *Notice sur le dualisme des ondes et des corpuscules dans l'Œuvre de Albert Einstein*. Cette Notice sera imprimée dans le recueil des *Notices et Discours*, t. III.

L. B., R. C.



BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus pendant les séances de novembre 1955.

Réaumur, les guêpes et le papier, par Henri Gachet, in *Papier Geschichte*, Dezember 1953, nr 6; 1 fasc. 25 cm.

Union internationale de physique pure et appliquée. Document SG. 55-5, octobre 1955. *Circulaire d'information*, par Pierre Fleury; 14 feuilles polycopiées, 27 cm.

La fiebre amarilla en Venezuela durante el siglo XIX. *Considerada por dos observadores en dos regiones diferentes*, por Manuel Noriega Trigo. Maracaibo, 1954; 1 fasc. 22 cm.

Fédération française des Sociétés de sciences naturelles. Office central de faunistique. *Faune de France*. 59. *Coléoptères curculionides* (Deuxième partie), par Adolphe Hoffmann. Paris, Paul Lechevalier, 1954; 1 vol. 25 cm.

Fossil microplankton from Australian late mesozoic and tertiary sediments, by Georges Deflandre, Isabel C. Cookson, in *Australian Journal of marine and freshwater research*. Vol. VI, n° 2, 1955; 1 fasc. 24 cm (présenté par M. M. Caullery).

État du Viêtnam. Ministère de l'Éducation nationale. Centre national de recherches scientifiques et techniques. *Bulletin* du C. N. R. S. T., février-mai 1955, nos 3-4; 1 fasc. 27,5 cm (présenté par M. A. Chevalier).

Institut océanographique. Nhatrang. 45e note. *Les pagures du Viêtnam*, par A. Fize et Raoul Serène. Nhatrang, 1955; 1 vol. 26 cm.

Carte de la végétation de la France. *Mont-de-Marsan*, par Georges Lascombes et Claude Leredde, au 1/200 000e; 1 planche 106 × 74 cm.

Le Champ-de-Mars avant la Révolution. Annales de 1750 *à* 1790, par Jules Riolet et Robert Laulan. Paris, Librairie de l'Armée, 1936; 1 fasc. 26 cm.

Élie Cartan, *Œuvres complètes*, Partie III. Vol. I. *Divers. Géométrie différentielle*. Vol. II. *Géométrie différentielle* (suite). Paris, Gauthier-Villars, 1955; 2 vol. 25,5 cm.

Flore de Madagascar et des Comores (Plantes vasculaires); 36e fam. : *Eriocaulacées*, par Harold N. Moldenke; 92e fam. : *Pittusporacées*, par G. Cufodontis; 129e fam. : *Malvacées*, par B. P. G. Hochreutiner; 130e fam. : *Bombacacées*, par Henri Perrier de la Bâthie et B. P. G. Hochreutiner; 181e fam. : *Lentibulariacées*, par Henri Perrier de la Bâthie. Paris, Typographie Firmin-Didot, 1955; 4 fasc. 25 cm.

Ve *Congrès international de chronométrie*. Paris, 1-5 octobre 1954. *Procès-verbaux* et *Mémoires*, recueillis par Paul Libersart et présentés par René Baillaud. Vol. I. Observatoire de Besançon, 1955; 1 vol. 25 cm.

Institut royal des sciences naturelles de Belgique. *Expédition océanographique belge dans les eaux côtières africaines de l'Atlantique Sud* (1948-1949). *Résultats scientifiques*. Vol. III. Fasc. 4. Extrait. *Crustacés décapodes, Pagurides*, par Jacques Forest. Bruxelles, 1955; 1 fasc. 33,5 cm (présenté par M. L. Fage).

Current status and recent progress of printed circuits in England, by PAUL EISLER. London, Technograph Printed circuits, 1955; 1 fasc. 27,5 cm.

Bibliographie scientifique de ANTONIO GIAO. Première partie. *Liste des publications* 1925-1955; 1 fasc. 24 cm.

Inauguration de l'Observatoire de Poulkovo nouvellement reconstruit. Moscou, Académie des sciences de Moscou, 1955; 1 vol. 23 cm (en langue russe).

Studiul cîtorva proprietati ale lignitilor din RPR. si ale semicocsului lor, par D. BUIMOVICI. Editura Academiei republicii populare romine, 1955; 1 fasc. 24 cm.

Mecanica fluidelor, par ELIE CARAFOLI in TEODOR OROVEANU. Vol. II. Editura Academiei republicii populare romine, 1955; 1 vol. 24,5 cm.

Despre mobilitatea atomilor de hidrogen, par I. DÉNES. Editura Academiei republicii populare romine, 1955; 1 fasc. 23,5 cm.

Proteinemia date biochimice fizio-patologice si clinice, par S. LAGNOV, FILIP KREINDLER, ILIE COSMULESCU, MARCELA ZAMFIRESCU-GHEORGIU. Editura Academiei republicii populare romine, 1955; 1 vol. 24 cm.

Păsările din R. P. R. Vol. Al III-Lea, par D. LINTIA. Editura Academiei republicii populare romine, 1955; 1 vol. 24 cm,

Actiunea timusului si a unor substante neurotrope in cancerul experimental, par C. I. PARHON, I. POTOP, A. BABES, L. PETREA, E. JUVINĂ, E. FELIX, V. BOERU. Editura Academiei republicii populare romine, 1955; 1 fasc. 24 cm.

Indrumari practice pentru producerea si colectarea semintelor de ierburi furajere, par I. RASMERITA. Editura Academiei republicii populare romine, 1955; 1 fasc. 24 cm.

La science au service du peuple et de l'édification du socialisme, par TRAIAN SĂVULESCU. Éditions de l'Académie de la république populaire roumaine, 1955; 1 fasc. 24 cm.

(*A suivre*).



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU MERCREDI 14 DÉCEMBRE 1955.

PRÉSIDENCE DE M. Louis FAGE.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** annonce le décès, survenu à Zürich, le 8 décembre 1955, de M. **Hermann Weyl**, Correspondant pour la Section de Géométrie. Il invite l'Académie à se recueillir en silence pendant quelques instants en signe de deuil.

La Notice nécrologique d'usage est déposée en la présente séance, par M. **Arnaud Denjoy**.

Notice nécrologique sur M. Hermann Weyl, *Correspondant pour la Section de Géométrie*,

par M. **Arnaud Denjoy**.

Nous venons d'apprendre le décès, survenu le 8 décembre à Zurich, de M. **Hermann Weyl**, Correspondant pour la Section de Géométrie.

Hermann Weyl était né dans le bourg prussien de Elmshorn, le 9 novembre 1885. Après de brillantes études à l'Université de Göttingen, et au terme de trois années d'enseignement en qualité de privat-dozent à cette célèbre institution, il occupa de 1913 à 1928 la chaire de Mathématiques supérieures à l'École technique fédérale de Zurich. Il quitta celle-ci pour revenir à Göttingen en qualité de professeur. En 1933, réprouvant le régime nouveau qui s'apprêtait à subjuguer l'Allemagne, il accepta les propositions lui venant de Princeton où l'Institut des hautes études se constituait. Il fut, avec Einstein, dans le groupe initial des six professeurs placés à la tête de ce vaste établissement de recherches. Il s'en éloigna en 1952, devançant l'âge normal de la retraite, et il obtint, ce qui fut un honneur pour l'école mathématique française, de faire nommer à sa succession notre confrère M. Leray, celui-ci gardant concurremment sa chaire au Collège de France. H. Weyl était devenu notre Correspondant en 1947.

Jusqu'en 1918, malgré l'intérêt toujours ressenti par son auteur pour la Physique, l'œuvre d'Hermann Weyl se rattache essentiellement à l'analyse mathématique. Dans sa dissertation inaugurale de 1908 à Göttingen, il étudie les équations différentielles singulières. Après ce travail, continuant dans la même voie, pour les équations qui, intégrales ou aux dérivées partielles, dépendent d'un paramètre, il reconnaît l'ordre asymptotique des valeurs propres permettant l'existence des solutions. Mais il applique aussi au rayonnement noir les propriétés des fonctions orthogonales, le phénomène de Gibbs. Il détermine l'équirépartition modulo 1 des suites infinies de nombres réels. En 1921 encore, dans l'Ouvrage *Idee der Riemann'sche Fläche*, en rattachant la notion de surface de Riemann à des considérations topologiques, éclairées par les théorèmes de Brouwer, il réalise un grand progrès dans l'uniformisation des fonctions analytiques.

Prêtant son concours à la publication des œuvres de Minkowski, dont il enrichit les résultats concernant les polyèdres convexes, les problèmes diophantiques, et enfin les rapports de l'espace à quatre dimensions avec la Physique, il a de nouveau ses regards tournés vers cette science. Dès leur apparition il saisit l'importance des travaux d'Einstein. Et désormais, de plus en plus, la relativité généralisée, la mécanique quantique, puis ondulatoire, domineront le cours de sa pensée. Il leur appliquera les théories mathématiques les plus modernes, les plus abstraites, utilisant, perfectionnant, créant des instruments analytiques toujours plus puissants.

En 1918, il publie son Ouvrage fondamental : *Raum, Zeit, Materie* (*Espace, Temps, Matière*), rencontrant un succès immédiat, traduit aussitôt dans les principales langues, et trois fois réédité de 1918 à 1921. Dans ce Livre, H. Weyl tente l'intégration de l'électromagnétisme à la relativité généralisée. Le schéma géométrique placé à la base de la théorie fut assez vite rejeté par les physiciens, bien que par la suite nombre de constructions analytico-géométriques s'en soient inspirées. Dans ce qu'il appelle le « problème de l'espace », Weyl considère deux éléments de l'espace-temps : d'abord la métrique, indépendante de la distribution de la matière, puis, influencée par celle-ci, la loi du transport parallèle infiniment petit d'un vecteur, transport « non intégrable ». En réalité, et cette lacune était comblée dans les travaux d'Élie Cartan, H. Weyl admettait implicitement que l'espace est sans torsion. Il considéra que les transformations d'un vecteur en un vecteur égal de même origine composent un groupe linéaire. Cette question le conduisait à l'étude des représentations linéaires des groupes continus. Dans trois Mémoires de 1925 il compléta les travaux remarquables publiés en 1914 par Élie Cartan, et relatifs aux représentations irréductibles.

Dans son Livre de 1928, *Gruppentheorie und quantenmechanik*, réédité

quelques années plus tard avec d'importants compléments, il use, dans l'esprit de la topologie, d'une méthode dite « intégrale », par opposition avec les procédés « infinitésimaux » de S. Lie et de É. Cartan. La représentation linéaire des groupes complexes est ramenée à celle des groupes réels compacts. H. Weyl découvre les représentations linéaires du groupe des rotations, jouant un rôle important en Mécanique quantique, et lié à la théorie des spins. On rencontre ici les systèmes orthogonaux complets dans un espace de groupes compacts.

Dans le Livre *Les groupes classiques, leurs invariants et leur représentation*, paru en 1939, il étend la théorie de l'invariance, envisagée par rapport aux groupes compacts les plus généraux et aux groupes simples.

Cette énumération, abrégée à l'extrême, d'une grande diversité de travaux de très haute valeur, ne peut donner qu'une idée imparfaite du rôle joué par H. Weyl dans l'élaboration de nombreuses théories mathématiques structurales, dont il trouva dans la Physique l'inspiration et l'application. Il n'y a guère eu de progrès importants accomplis depuis 1918 en Mathématiques et en Physique théorique, dont au moins une part ne revienne à H. Weyl, soit qu'il y tînt le rôle de l'initiateur, soit qu'il ait révélé des liaisons insoupçonnées entre divers domaines de la science. Une telle œuvre justifie le prestige dont a joui la personnalité de Hermann Weyl parmi les analystes, même demeurés étrangers aux recherches de la Physique.

THÉORIE DES ENSEMBLES. — *La genèse des métriques boréliennes.*

Note de M. **Arnaud Denjoy**.

Un espace étant divisé selon le mode alvéolaire, la donnée pour chaque alvéole de sa mesure (non négative), avec la seule hypothèse de l'additivité intuitive pour toute combinaison finie d'alvéoles, suffit à définir pour ce même espace, par les inductions d'Eudoxe et de Borel, une métrique possédant les caractères boréliens, en particulier l'additivité complète. La portée de la théorie excède ce cas.

Dans un espace Δ non nécessairement pourvu d'une topologie, une métrique φ de nature borélienne sera définie sur un champ maximum Θ d'ensembles E; Θ remplit des conditions *algébriques* (algèbre des ensembles) rappelées ci-après $A_1(a_1, b_1, c)$, *indépendantes de* φ; et φ, des conditions *essentielles* $H(s, s'_1, s_1)$, puis, *sur* Θ, *métriques* (numériques) $A'_1(a'_1, b'_1, c')$. Pour engendrer Θ, *il suffit de supposer donné* $\varphi(h)$ *pour les* ensembles ou *figures élémentaires h* dont la famille constitue la *base* B de φ, *sur laquelle les hypothèses algébriques et métriques* nécessaires *sont vérifiées de toute évidence*. Par l'*extention d'Eudoxe* (N_1, p. 478) (1), φ est défini sur un champ Γ, où sont vérifiés

(1) *Voir* aux *Comptes rendus* trois de mes Notes que je distingue par (N_1) (*La mesure

des caractères jordaniens $A_0(a_0, b_0, c)$, et $A'_0(a'_0, c')$. Enfin l'*extension de Borel* donne le champ Θ, *les* A_1 *et* A'_1 *se vérifiant d'elles-mêmes*. On est aidé par les notions de *mesure extérieure* $\varphi_{e,J}$, $\varphi_{e,L}$ et *intérieures* $\varphi_{i,J}$, $\varphi_{i,L}$ introduites par *Jordan* et *Lebesgue*.

Voici les caractères de Θ et de φ sur Θ. Les ensembles E, E′, $E_n (n = 1, 2, \ldots)$ sont tous dans Θ.

Conditions algébriques boréliennes $A_1(a_1, b_1, c)$ de Θ. — (a_1). La suite des E_n étant finie ou infinie, si $E_p.E_n = \emptyset$, $E^2 = \Sigma E_n \varepsilon \Theta$ [si $\varphi(E^2) < \infty$]. Posant $E'_n = E_1 + \ldots + E_n$, $E^2 = \Sigma E'_n$, E'_n étant *croissant*.

(b_1) Les E_n étant quelconques, $E^1 = \Pi E_n = \emptyset$ ou $\varepsilon\Theta$. Si $E''_n = E_1 \ldots E_n$, $E^1 = \Pi E''_n$, les E''_n *décroissant*.

(c) Si $E \supset E'$, $E - E' \varepsilon \Theta$.

Conditions algébriques jordaniennes $A_0(a_0, b_0, c)$ de Θ. — (a_0). Si $E.E' = \emptyset$, $E + E' \varepsilon \Theta$ (b_0). $E.E' = \emptyset$ ou $\varepsilon\Theta$.

D'après A_0, $E - E.E'$, $E' - E.E'$, et $E + E'$ sont tous dans Θ.

Conditions essentielles $H(s, s'_1, s_1)$ de φ. — (s). φ est *significative* : $\varphi(\emptyset) = 0$, et il y a au moins un $\varphi(E)$ non nul fini; (s'_1). φ est *absolue* : $\varphi(E) \geqq 0$; (s_1). φ est *croissante* : si $E \supset E'$, $\varphi(E) \geqq \varphi(E')$. [$(s) + (s_1)$ implique (s'_1)].

Conditions métriques boréliennes $A'_1(a'_1, b'_1, c')$ *de* φ *sur* Θ. — (a'_1). Si $E_p.E_n = \emptyset$, $\varphi(E^2) = \Sigma\varphi(E_n) = \lim \varphi(E'_n)$, suite infinie;

(b'_1). Si $E_1 = \Pi E''_n$, E''_n décroissant : $\varphi(E^1) = \lim \varphi(E''_n)$;

(c') Si $E \supset E'$: $\varphi(E - E') = \varphi(E) - \varphi(E')$ (résultant de a_1, c et a'_1).

Conditions métriques jordaniennes $A'_0(a'_0, c')$ *de* φ *sur* Θ. — (a'_0). Si $E.E' = \emptyset$, $\varphi(E + E') = \varphi(E) + \varphi(E')$.

Dans le cas général la base B *se décompose en deux*, B_1 (pour l'inclusion), B_2 (pour l'enveloppement), composées de figures élémentaires h_1, h'_1, ... et h_2, h'_2, ... de nature distincte. Dans ce cas B′, et φ sur B, satisfont à des conditions mixtes, $M(\alpha_0, \beta_0, \gamma)$ algébriques et $M'(\alpha'_0, \gamma')$ métriques.

Si B_1 et B_2 sont identiques, B doit satisfaire aux conditions A_0, A'_0.

Voici pour ce dernier cas un type de génération de mesure borélienne. 1° Δ est divisé en *alvéoles* θ^k dont la famille Ω est la *base originelle* des métriques de Δ; puis, *extension finie* de Ω en la base B, famille des figures $h = \Sigma\theta^{k'}$, réunions *finies* d'alvéoles (A_0 remplies); puis *extension infinie* de B en une base double $V = V_1 + V_2$, V_1 réunissant les *noyaux* F, V_2 les *enveloppes* O, intersections ou sommes de suites infinies de figures h de B.

Je rectifie ainsi les caractères des θ^k donnés dans N_3 : 1° $\theta^0 \equiv \Delta$; 2° les θ^k de même rang k sont disjoints; 3° tout θ^k_i est $\Sigma\theta^{k+1}_j$ et contenu dans un θ^{k-1}; 4° si la suite θ^k décroît, Π_{θ^k} est vide ou élément unique de Δ. Exemples : les segments précisés C_k pour l'espace cartésien U_r, N_2, p. 679; ou comme dans N_3, p. 1386, quand Δ est infiniment couvert au sens d'une métrique particulière φ^0 par une famille régulière ($\theta^0 = \Delta'$).

2° *Donnée de* φ *sur* Ω par chaque $\varphi(\theta^k) \geqq 0$, fini pour $k \geqq 1$, avec la *seule condition* $\varphi(\theta^k_i) = \Sigma\varphi(\theta^{k+1}_j)$ si $\theta^k_i = \Sigma\theta^{k+1}_j$ même si les θ^{k+1}_j sont en infinité (conditions a'_0 ou a'_1

---

euclidienne, **221**, 1945, p. 477); (N_2) (*Les ensembles cartésiens*, **221**, 1945, p. 679); (N_3) (*Théorème de Vitali et intégration*, **240**, 1955, p. 1385); également C. Pauc et D. Rutovitz **240**, 1955, p. 1956.

sur Ω); puis *extension finie* de Ω *à* B avec les *seules conditions* $\varphi(\theta_j^{k+1})$ $\varphi(h)=\Sigma\varphi(\theta^{k'})$ si $h=\Sigma\theta^{k'}$ et $\lim\varphi(h^n)=0$ si $h^n\supset h^{n+1}$ et $\Pi h^n=\varnothing$; relativement à B se définissent les *mesures intérieures et extérieures* jordaniennes $\varphi_{i.J}(E)$, $\varphi_{e.J}(E)$ pour tout ensemble E de Δ. Puis définition de φ sur V par le *principe de Borel:* $\varphi(F)=\varphi_{e.J}(F)$ et $\varphi(O)=\varphi_{i.J}(O)$. Enfin *extension d'Eudoxe* de φ *sur* V *à* φ *sur* Θ maximum. φ *vérifie d'elle-même sur* Θ *les conditions boréliennes de la mesure.*

Conditions algébriques $M(\alpha_0, \beta_0, \gamma_0)$ *imposées à* B, *indépendamment de* φ. (α_0) : $h_1+h'_1\,\varepsilon\,B_1$; $h_2+h'_2\,\varepsilon\,B_2$, même si $h_1.h'_1$, $h_2.h'_2$ existent; (β_0) : $h_1.h'_1=\varnothing$ ou $\varepsilon\,B_1$; $h_2.h'_2=\varnothing$ ou $\varepsilon\,B_2$; (γ) : $h_1-h_1.h_2\,\varepsilon\,B_1$; $h_2-h_2.h_1\,\varepsilon\,B_2$.

D'après (α_0) et (β_0), la somme, l'intersection d'un nombre fini respectivement de figures h_1, de figures h_2, sont dans B_1, sont dans B_2.

La base totale $B=B_1+B_2$ ne satisfait pas nécessairement aux conditions algébriques (a_0) $(h+h'\varepsilon B)$, ni (b_0) $(h.h'\varepsilon B)$, si h et h' sont l'un dans B_1 l'autre dans B_2; ni à (c) $(h-h.h'\varepsilon B)$, si h et h' sont tous deux dans B_1 ou tous deux dans B_2.

Si les h_1^n, h_2^n forment des suites infinies, $F=\Pi h_2^n$ sera nommé relativement à B un *noyau,* $O=\Sigma h_1^n$, une *enveloppe.* Un h_1 est un O, un h_2 est un F. Si F est étranger à B_2, O à B_1, nous supposons les h_2^n *décroissants,* les h_1^n *croissants.*

La famille V_1 *des* F *et la famille* V_2 *des* O, *associées en une famille* $V=V_1+V_2$, *vérifient les conditions algébriques* $M(\alpha_0, \beta_0, \gamma_0)$ *en conséquence de la validité de celles-ci sur* B. [Nous écrirons $V=V(B)$].

En effet, si $F_m=\prod_n h_2^{m,n}$ et $O_m=\sum_n h_1^{m,n}$ $(n=1, 2, \ldots)$

(α_0) $\quad F_1+F_2=\Pi(h_2^{1,n}+h_2^{2,n})\,\varepsilon\,V_1$; $\quad O_1+O_2=\Sigma(h_1^{1,n}+h_1^{2,n})\,\varepsilon\,V_2$;

(β_0) $\quad F_1.F_2=\Pi(h_2^{1,n}.h_2^{2,n})\,\varepsilon\,V_1$; $\quad O_1.O_2=\Sigma(h_1^{1,n}.a_1^{2,n})\,\varepsilon\,V_2$;

(γ) $\quad F-F.O=\Pi(h_2^n-h_2^n.h_1^n)\,\varepsilon\,V_1$; $\quad O-O.F=\Sigma(h_1^n-h_1^n.h_2^n)\,\varepsilon\,V_2$.

Mais en outre V_1 et V_2 vérifient respectivement les conditions b_1 et a_1, soit pour $V(B)$:

(β_1) $$\Pi F_n=\prod_n(h_2^{1,n}.h_2^{2,n}\ldots h_2^{n,n})\,\varepsilon\,V_1$$

et

(α_1) $$\Sigma O_n=\sum_n(h_1^{1,n}+\ldots+h_1^{n,n})\,\varepsilon\,V_2.$$

MÉTRIQUE. — *Extension d'Eudoxe de la base* B *à* Γ, *et de* φ *sur* B *à* φ *sur* Γ. — E étranger à B sera dans Γ si, pour tout $\varepsilon>0$, on peut trouver un h_1 et un h_2 tels que $h_1\subset E\subset h_2$ et $\varphi(h_2)-\varphi(h_1)<\varepsilon$ $(h_2-h_1\,\varepsilon\,B_2)$. Quel que soit E dans Δ, soient $\varphi_{i,J}(E)=\max_{h_1\subset E}\varphi(h_1)$ et $\varphi_{e,J}(E)=\min_{h_2\supset E}\varphi(h_2)$; E sera dans Γ moyennant $\varphi_{i,J}(E)=\varphi_{e,J}(E)$, cette valeur commune étant, d'après Eudoxe, par définition $\varphi(E)$; $\varphi_{e,J}(E)=0$ équivaut à $E\varepsilon\Gamma$, avec $\varphi(E)=0$. Si $h_1^n\subset E\subset h_2^n$, h_1^n crois-

sant, h_2^n décroissant, et $\varphi(h_2^n - h_1^n)$ tendant vers o, soient $O = O(E) = \Sigma h_1^n$, $V = V(E) = \Pi h_2^n$; $O \subset E \subset V$ et $\varphi_{i,J}(O) = \varphi_{i,J}(E)$; $\varphi_{e,J}(F) = \varphi_{e,J}(E)$.

B n'est pas nécessairement dans Γ; B sera dans Γ moyennant que pour tout h_1 de B_1 et pour tout h_2 de B_2 : $\varphi(h_1) = \min\limits_{h'_2 \supset h_1} \varphi(h'_2)$ et $\varphi(h_2) = \max\limits_{h'_1 < h_2} \varphi(h'_1)$.

Si l'on prend dans $\Gamma = \Gamma(B)$ une base B' se décomposant en B'_1, B'_2, formées d'ensembles η_1, η_2, on définit une métrique φ' par $\varphi'(\eta_1) = \varphi(\eta_2)$, $\varphi'(\eta_2) = \varphi(\eta_2)$. Pour tout E : $\varphi'_{i,J}(E) \leqq \varphi_{i,J}(E)$ et $\varphi'_{e,J}(E) \geqq \varphi_{e,J}(E)$. Donc $\Gamma(B') \subset \Gamma + B$. Il n'y a pas de progrès. Pour l'identité des deux métriques, il faut $B \subset \Gamma(B')$.

Si Δ possède une topologie, Jordan entend l'inclusion $e \subset e'$ par $\bar{e} \subset \underline{e}'$. Donc $\bar{h}_1 \subset \underline{E}$ et $\underline{h}_2 \supset \bar{E}$; $F = \Pi h_n^2$, avec $\underline{h}_2^n \supset \bar{h}_2^{n+1}$, et $O = \Sigma h_1^n$, avec $\overline{h_1^n} \subset \underline{h_1^{n+1}}$; $O(E) = \underline{E}$, $V(E) = \bar{E}$; $\bar{E} - \underline{E} = R(E)$, frontière de E; $E \varepsilon \Gamma$ signifie $\varphi(R) = 0$. Pour avoir $B \subset \Gamma$, il faudrait pour tout h de B :

$$\max_{\bar{h}_1 \subset \underline{h}} \varphi(h_1) = \varphi(h) = \min_{\underline{h}_2 \supset \bar{h}} \varphi(h_2).$$

Caractères métriques $M'(\alpha'_0, \gamma')$ *imposés à* φ *sur* B.

(α'_0) : si $h.h' = \emptyset$; $\varphi(h + h') = \varphi(h) + \varphi(h')$; et, si $h.h'$ existe,

$$\varphi(h + h') \leqq \varphi(h) + \varphi(h'),$$

pourvu que h et h' soient tous deux dans B_1 *ou tous deux dans* B_2. On ne suppose rien sur $\varphi(h_1 + h_2)$, $h_1 + h_2$ n'étant pas dans B *a priori*.

(γ'). Si $h \supset h'$, $\varphi(h - h') = \varphi(h) - \varphi(h')$, *pourvu que h et h' soient l'un dans* B_1, *l'autre dans* B_2. On n'envisage pas $\varphi(h_1 - h'_1 . h_1)$, $\varphi(h_2 - h'_2 . h_2)$.

Je dis que, *en conséquence des conditions* M *de* B *et* M' *de* φ *sur* B, *l'extension* Γ *de* B *vérifie* A_0 et que φ *vérifie* A'_0 *sur* Γ [2].

---

[2] J'emploie les signes de l'algèbre (+ et Σ), (. et Π; je réserve $\times$ pour le produit topologique, et je distinguerais $\prod\limits_{\cdot}$ et $\prod\limits_{\times}$), enfin (—, E — E') impliquant $E \supset E'$, pour indiquer l'addition, l'intersection, la soustraction des ensembles entre eux. Si l'ensemble H est représenté par un polynome $f(E, E', \ldots)$ où les variables E, E', ... désignent des ensembles, $^*f$ (f précédé d'un astérisque) s'interprète ainsi : 1° *Si* ω *est un terme isolé de* f, figurant un ensemble e, et si e' est l'ensemble représenté par la réunion des termes de f *antérieurs* à ω : *e est disjoint de e', ou inclus dans e', selon que, dans f,* (ω) *est précédé du signe* + ou *du signe* —. La même règle s'applique à l'intérieur des termes isolés ω compris entre parenthèses. Exemple : $A + B = {}^*A + (B - A.B) = {}^*A - A.B + B$. 2° (en conséquence) *la fonction caractéristique de* H *s'obtient en remplaçant dans* $^*f$ *chacun des* E, E', ... *par sa fonction caractéristique*. Dès lors, on peut effectuer sur f les transformations de calcul algébrique, comme si les lettres désignaient des variables numériques. Le résultat final, ordonné suivant la règle, est une expression exacte de H. Aucun avantage de cette sorte ne se rencontre avec les notations $\cup$, $\cap$, et l'usage d'entendre E — E' comme E — E.E', si $E.E' \neq \emptyset$; f peut être rendu linéaire en chacune des variables. Car $E.E = E$.

Soient E et E′ dans B, ε positif, $h_1 \subset E \subset h_2$, $h'_1 \subset E' \subset h'_2$, avec

$$\varphi(h_2 - h_1) \quad \text{et} \quad \varphi(h'_2 - h'_1) < \varepsilon;$$

si

$$h''_2 = (h_2 - h_1) + (h'_2 - h'_1), \qquad \varphi(h''_2) < 2\varepsilon.$$

(a_0) et (a'_0). Si $E.E' = \varnothing$, donc $h_1.h'_1 = \varnothing$:

$$h_1 + h'_1 \subset E + E' \subset h_2 + h'_2; \qquad \varphi(h_2 + h'_2) - \varphi(h_1 + h'_1) = \varphi(h''_2) < 2\varepsilon.$$

Donc (a_0) : $E + E' \varepsilon \Gamma$; $\varphi(h_1 + h'_1) = \varphi(h_1) + \varphi(h'_1)$ diffère de $\varphi(E + E')$ et de $\varphi(E) + \varphi(E')$ de moins de 2ε. Donc (a'_0) : $\varphi(E + E') = \varphi(E) + \varphi(E')$.

b. $h_1.h'_1 \subset E.E' \subset h_2.h'_2$; $^*h_2.h'_2 - h_1.h'_1 = {}^*(h_2 - h_1).h'_2 + h_1(h'_2 - h'_1) \subset h''_2$. Donc $E.E' \varepsilon \Gamma$.

c. $E \supset E'$. On peut remplacer h_1 par $h_1 + h'_1$, h'_2 par $h_2.h'_2$. Donc $h_1 \supset h'_1$ et $h_2 \supset h'_2 \supset h'_1$; $^*h_1 - h_1.h'_2 \subset E - E' \subset {}^*h_2 - h_2.h'_1$, et

$$h_2.h'_1 = h'_1 = h_1.h'_1;^* (h_2 - h_1.h'_1) - (h_1 - h_1.h'_2) = (h_2 - h_1) + h_1.(h'_2 - h'_1) \subset h''_2; E - E' \varepsilon \Gamma.$$

c′. car $\varphi(h_2 - h'_1) = \varphi(h_2) - \varphi(h'_1)$ diffère de moins de 2ε de $\varphi(E - E')$ et de $\varphi(E) - \varphi(E')$. Donc $\varphi(E - E') = \varphi(E) - \varphi(E')$.

Seconde extension (de Borel). On suppose que V(B) n'est pas dans Γ(B). *Les bases sont :* V_1 *formée des* F, V_2 *formée des* O ; *et l'on pose* $\varphi(F) = \varphi_{e,J}(F)$, $\varphi(O) = \varphi_{i,J}(O)$. Nous supposons *les deux bases initiales* B_1, B_2 *identiques.* Pour éviter les confusions d'indices, les figures élémentaires composant B seront notées f, f', f_n.

Nous avons vu que $V = V_1 + V_2$ satisfait aux conditions algébriques M et encore à β_1 sur V_1, α_1 sur V_2. Passons aux *conditions métriques de* φ *sur* V.

Aux conditions A'_0 imposées à φ sur B, nous en ajoutons deux autres D(δ, ζ), remplies d'elles mêmes si D a une topologie, et peut être impliquées par A'_0 si f est somme d'alvéoles.

Conditions D — (δ). *Si* $f \supset f_n (n = 1, 2, \ldots)$, $\varphi(f) < \infty$ et $\varphi(f_n) > \eta > 0$, (η indépendant de n), f *contient au moins un point commun à une infinité de* f_n.

Conséquence. — Si $F = \Pi f_n$, *les* f_n *décroissant, il s'ensuit* $\varphi(F) = \lim_{n\infty} \varphi(f_n) = \nu$.

En effet, $\varphi(F) = \varphi_{e.J}(F) = \lim_{n\infty} \varphi(f'_n) = \nu'$ pour une certaine suite $f'_n \supset F$ décroissante. *A priori* $\nu' \leq \nu$. Je dis que $\nu' = \nu$. Sinon $\nu - \nu' = \rho > 0$. On peut remplacer f'_n par $f'_n . f_n$ sans accroître ν', donc $f_n \supset f'_n$. Soit $f''_n = f_n - f'_n$; $\varphi(f_n) = \varphi(f'_n) + \varphi(f''_n)$, donc

$$\lim_{n\infty} \varphi(f''_n) = \rho.$$

Or $f''_n \subset f_1$; f''_n est disjoint de F, et un point qui appartiendrait à une infinité de f''_n serait dans F. D'après (δ) ; $\nu' = \nu$.

(ζ). *Si les* f_n *décroissent et si* $\Pi f_n = \varnothing$, $\varphi(f_n)$ *tend vers* 0.

Conséquence. — Si $O = \Sigma f_n$, *les* f_n *croissant, il s'ensuit* $\varphi(O) = \lim \varphi(f_n) = \nu_1$ (nous supposons ν_1 fini).

En effet, $\varphi(O) = \varphi_{i,J}(O) = \lim \varphi(f'_n) = \nu'_1$, pour une certaine suite croissante f'_n. *A priori* $\nu'_1 \geqq \nu_1$. Si $\nu'_1 - \nu_1 > \rho_1 > 0$, des $p > p_0$, $\varphi(f'_p) > \varphi(f_n) + \rho_1$, quel que soit n. Mais $\Sigma f_n = O \supset f'_p$. Donc, si $f'_p - f'_p . f_n = f''_{p.n}$ décroissant en n, $\prod_n f''_{p,n} = \emptyset$. D'après ($\zeta$), $\lim_{n\infty} \varphi(f''_{p,n}) = 0$; $\varphi(f'_p) = \lim_{n\infty} \varphi(f'_p . f_n) \leqq \lim \varphi(f_n) = \nu_1$. Donc $\nu'_1 = \nu_1$.

Caractères métriques M′ (accrus de β'_1, α'_1) *de* φ *sur la base* V(B), *en conséquence des caractères* A_0 *de* B et A'_0, D de φ *sur* B.

(α'_0). Si $F.F' = \emptyset$, $\varphi(F) + \varphi(F') = \varphi(F) + \varphi(F')$.

Car, si $F = \Pi f_n$, $F' = \Pi f'_n$ (f_n, f'_n décroissants),

$$F + F' = \Pi(f_n + f'_n) = \Pi^*(f_n + f'_n - f_n . f'_n).$$

Or $\Pi f_n . f'_n = \emptyset$. Donc

$\lim \varphi(f_n . f'_n) = 0$; $\varphi(F + F') = \lim \varphi(f_n + f'_n) \lim \varphi(f_n) + \lim \varphi(f_n - f_n f'_n) = \varphi(F) + \varphi(F')$.

(α'_1). *Si* $O = \Sigma O_m$, *les* O_m *étant disjoints et en infinité énumérée, il s'ensuit* $\varphi(O) = \Sigma \varphi(O_m)$. En tous cas, $\varphi(O) \leqq \Sigma \varphi(O_m)$.

Car, si $O_m = \Sigma f_{m,n}$, $f_{m,n}$ croissant en n, et $f_n = f_{1,n} + \ldots + f_{n,n}$, $O = \Sigma f_n$. D'après $O_n . O_p = \emptyset$: $f_{i,n} . f_{j,p} = \emptyset$, $\varphi(f_n) = \varphi(f_{1,n}) + \ldots + \varphi(f_{n,n})$. D'où la conclusion. D'une manière analogue on montre :

(β'_1). *Si* $F = \Pi F_m$, *les* F_m *décroissants, il s'ensuit* $\varphi(F) = \lim \varphi(F_m)$.

(γ). *Si* $F \supset O$, *il s'ensuit* $\varphi(F - O) = \varphi(F) - \varphi(O)$, *et si* $O \supset F$,

$$\varphi(O - F) = \varphi(O) - \varphi(F).$$

Soient $F = \Pi f_n$ (f_n décroissant), $O = \Sigma f'_n$ (f'_n croissant). Si $F \supset O$, $f_n \supset f'_n$ et $F - O = \Pi(f_n - f'_n)$; la conclusion est évidente. Si $O \supset F$, $O - F = \Sigma(f'_n - f'_n . f_n)$; $f'_n - f_n f'_n$ croît en n. Donc $\varphi(O - F) = \lim \varphi(f'_n - f'_n . f_n)$; $f''_n = f_n - f_n . f'_n$ décroît. Or $\Pi f''_n = \emptyset$. Donc $\varphi(f''_n)$ tend vers 0; $f'_n - f'_n . f_n = {}^*f'_n - (f_n - f''_n) = f'_n + f''_n - f_n$; $\varphi(f'_n - f'_n . f_n)$ vaut $\varphi(f'_n) + \varphi(f''_n) - \varphi(f_n)$. D'où la conclusion.

Je dis que l'*extension eudoxienne de* V *à* $\Gamma(V) = \Theta$ *et, de* φ *sur* V *à* φ *sur* Θ, *remplit les conditions boréliennes générales* A_1, A'_1.

E sera dans Θ, moyennant que, pour tout $\varepsilon > 0$, F et O existent avec $F \subset E \subset O$, $\varphi(O - F) < \varepsilon$; V satisfaisant aux conditions M et M′, Θ et φ sur Θ vérifient A_0 et A'_0. Reste à prouver que Θ et φ vérifient (a_1, a'_1) (additivité complète) et (b_1, b'_1). Nous supposons les $E_n \varepsilon \Theta$.

(a_1 et a'_1). *Si* $E_n . E_p = \emptyset$ *et* $E = \Sigma E_n$, *il s'ensuit que* $E \varepsilon \Theta$ *et* $\varphi(E) = \Sigma \varphi(E_n)$.

Soit $\varphi(E_n) = u_n$, $\Sigma u_n = \lambda < \infty$; $u_{p+1} + u_{p+2} + \ldots = r_p$, $\varepsilon_n > 0$ et $\Sigma \varepsilon_n = \varepsilon < \lambda$; F_n et O_n existent vérifiant $F_n \subset E \subset O_n$ et $\varphi(O_n - F_n) < \varepsilon_n$; $\varphi(F_n) > u_n - \varepsilon_n$, $\varphi(O_n) < u_n + \varepsilon_n$. Si $F_1 + \ldots + F_p = F^p$ et $O_n = O$, $F^p \varepsilon V_1$, $O \varepsilon V_2$; $F^p \subset E \subset O$; Les F_n étant disjoints, $\varphi(F^p) > \lambda - r_p - \varepsilon$; $\varphi(O) \leqq \lambda + \varepsilon$. D'où la conclusion.

(b_1 et b'_1). Les E_n décroissants, $E - \Pi E_n = E_1 - \sum_{n \geq 1} (E_n - E_{n+1})$. D'où $E \varepsilon \Theta$ et $\varphi(\Pi E_n) = \lim \varphi(E_n)$.

$V(V)$ *est dans* $\Gamma(V)$. Donc $\Theta = \Gamma(V)$ *est maximum.*

CHIMIE ORGANIQUE. — *Associations moléculaires colorées entre les phénazines et leurs* N-*dihydrures. — Séries hydroxylées et méthoxylées α et β. — Une association octomoléculaire.* Note (*) de MM. **Charles Dufraisse, Edmond Toromanoff** et **Yves Fellion.**

Les phénazines β-hydroxylée et β-méthoxylée présentent un nouveau type d'association moléculaire colorée entre formes réduite et oxydée, comportant sept molécules de la seconde pour une de la première. En série α les associations sont des deux types décrits antérieurement pour d'autres dérivés, c'est-à-dire dimoléculaires et tétramoléculaires; toutefois le corps α-hydroxylé n'a donné que la seconde.

On a entrepris l'étude des associations moléculaires des phénazines hydroxylées, I*a*, II*a*, et méthoxylées, I*b*, II*b*, en α et β avec leurs hydrures, III*a*, IV*a*, III*b*, IV*b*, comme voie d'approche vers une contribution au problème de la constitution de la pyocyanine, V, ou méthyl-10phénazinone-1, le pigment du pus bleu, sécrété par *Pseudomonas aeruginosa*. En effet un rapprochement pouvait être envisagé entre la profondeur de la couleur des associations moléculaires des phénazines avec leurs dihydrures et la profondeur exceptionnelle de la teinte de la pyocyanine.

L'α-hydroxyphénazine, I*a*, et l'α-méthoxyphénazine, I*b*, ont été préparées suivant le procédé de Wrede et Strack ([1]). L'hydrogénation catalytique au nickel de Raney de ces deux phénazines a permis, en manipulant à l'abri de l'air, d'obtenir les mésodihydrures de l'α-hydroxyphénazine, III*a*, et de l'α-méthoxyphénazine, III*b*, corps qui n'avaient pas encore été décrits, probablement à cause de leur extrême sensibilité à l'autoxydation. La dihydro-9.10méthoxy-1phénazine, III*b*, $C_{13}H_{12}ON_2$, F_{inst} 140-141° (eau-alcool 2/1), plaquettes incolores, sublime sans décomposition sous un vide de quelques millimètres de mercure. La dihydro-9.10hydroxy-1phénazine, III*a*, $C_{12}H_{10}ON_2$, F_{inst} 174-175° (eau-alcool 3/1), cristaux incolores, est difficile à sublimer.

La β-méthoxyphénazine, II*b*, a été préparée d'après H. C. Waterman et D. L. Vivian ([2]). La β-hydroxyphénazine, II*a*, a été obtenue par la méthode de F. Kehrmann et F. Cherpillod ([3]). Les hydrures de ces phénazines β-sub-

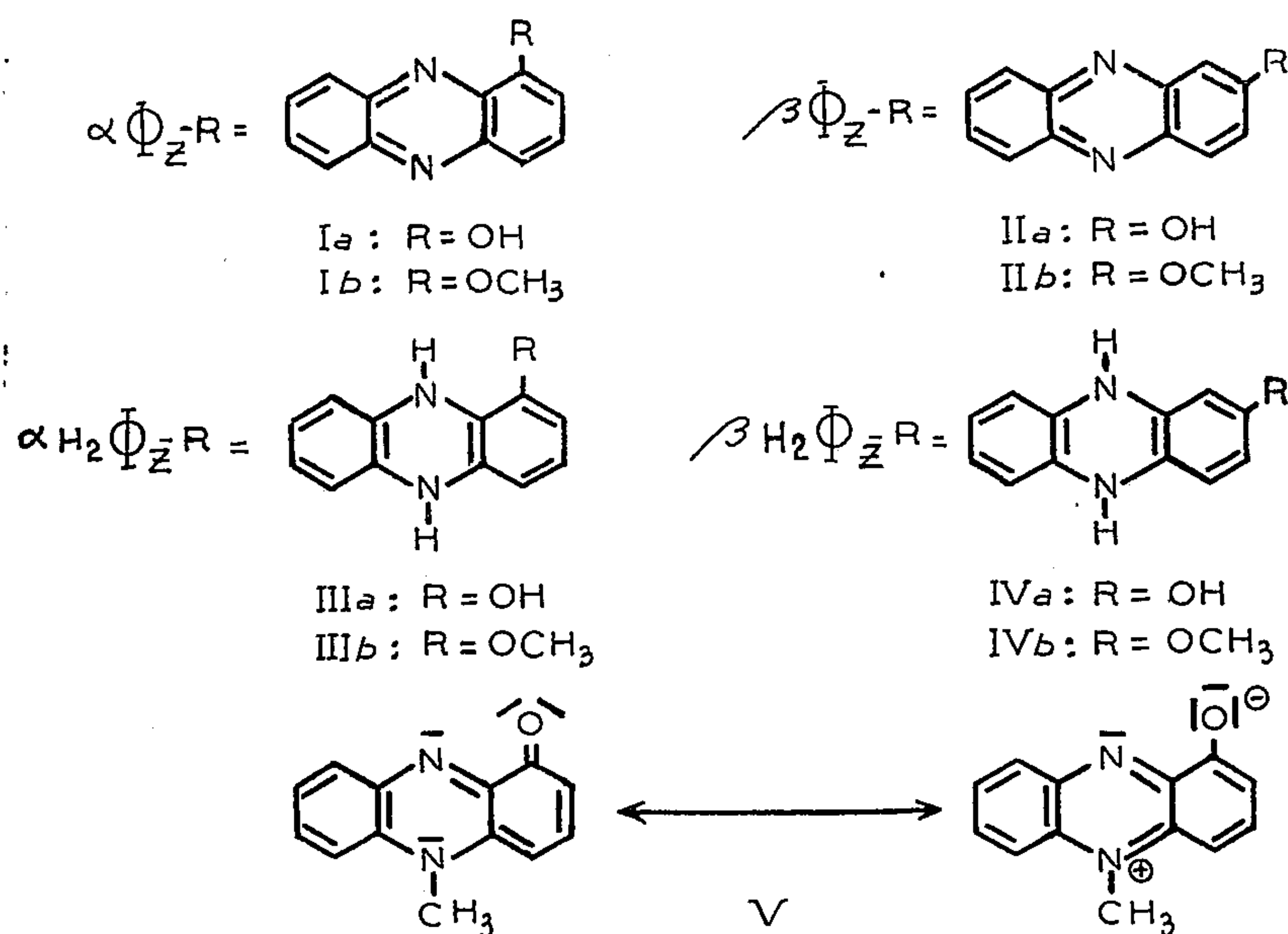
(*) Séance du 14 novembre 1955.

([1]) *Org. Synth.*, 26, p. 86.

([2]) *J. Org. Chem.*, 14, 1949, p. 289-297.

([3]) *Helv.*, 7, 1924, p. 973-980.

tituées, IV*a*, IV*b*, non décrits jusqu'à ce jour, sont encore plus sensibles à l'autoxydation que ceux de la série α. Obtenus dans les mêmes conditions que ceux-ci, ils ont les constantes suivantes : dihydro-9.10méthoxy-2phénazine, IV*b*, $C_{13}H_{12}ON_2$, F_{inst} 230-231° (alcool), plaquettes incolores, sublimant sous un vide de quelques millimètres de mercure; dihydro-9.10hydroxy-2 phénazine, IV*a*, $C_{12}H_{10}ON_2$, F_{inst} 265-266° (eau-alcool 1/1), plaquettes incolores.



Pour la préparation des associations moléculaires entre une phénazine et son dihydrure, nous avons opéré suivant la technique mise au point au laboratoire ([4]). La détermination de la composition de ces associations a été faite, comme précédemment ([4]), par mesure du pouvoir réducteur vis-à-vis d'une solution d'iode, en opérant en atmosphère d'anhydride carbonique.

L'α-méthoxyphénazine, I*b*, donne avec son dihydrure, III*b*, une association dimoléculaire, de formule $\alpha(H_2\Phi_Z\text{-}OCH_3,\ \Phi_Z\text{-}OCH_3)$, où Φ_Z, représente le squelette de la phénazine, cristaux violet noir, F_{inst} 159-160° (alcool), et une association tétramoléculaire $\alpha(H_2\Phi_Z\text{-}OCH_3,\ 3\Phi_Z\text{-}OCH_3)$, cristaux verts, F_{inst} 157-158° (alcool). Les deux substances ont des points de fusion très voisins, mais leur individualité ne fait pas de doute, comme le montre la dépression d'une dizaine de degrés à l'épreuve du mélange. Elles se solvatent aisément, en donnant des cristaux très foncés, qui retrouvent leur coloration primitive par chauffage sous vide. Ainsi l'association dimoléculaire, solvatée

([4]) C. DUFRAISSE, A. ÉTIENNE et E. TOROMANOFF, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 2379.

à une demi-molécule de benzène $F_{Inst.}$ 144-145°, est de couleur verte et l'association tétramoléculaire, solvatée par une demi-molécule d'alcool éthylique $F_{Inst.}$ 143-144°, est de couleur brun noir.

Par contre l'α-hydroxyphénazine, I*a*, se combine avec son dihydrure, III*a*, uniquement en combinaison tétramoléculaire, $\alpha(H_2\Phi_Z\text{-}OH, 3\,\Phi_Z\text{-}OH)$ noire F_{Inst} 193-194° (benzène). Une autre différence avec le corps méthoxylé est l'absence de solvatation.

En série β, on n'observe que la formation d'une seule association moléculaire, aussi bien pour la méthoxyphénazine, II*b*, que pour l'hydroxyphénazine, II*a*. Mais, à la différence des dérivés correspondants de la série α et de tous les autres corps phénaziniques antérieurement étudiés, il s'agit ici d'une association octomoléculaire, à raison de sept molécules phénaziniques pour une de dihydrophénazine : association de la β-méthoxyphénazine, $\beta(H_2\Phi_Z\text{-}OCH_3, 7\,\Phi_Z\text{-}OCH_3)$, violette, F_{Inst} 133-134° (alcool); association de la β-hydroxyphénazine, $\beta(H_2\Phi_Z\text{-}OH, 7\,\Phi_Z\text{-}OH)$, verte, F_{Inst} 294-295° (alcool). Ces associations octomoléculaires ne montrent aucune tendance à la solvatation.

Étant donné le caractère tout à fait exceptionnel du rapport des constituants de ces deux associations nous avons jugé nécessaire de déterminer avec précision leurs conditions de formation qui donnent une idée assez exacte de la composition du produit. Traitant par un volume fixe de solvant, soit 2 cm^3 d'éthanol, un poids fixe, soit 0,08 g, du mélange des deux constituants et faisant varier leur rapport, les choses se présentent comme il va être dit. Pour les corps méthoxylés, avec la proportion équimoléculaire, soit 0,04 g de chaque, il ne se dépose que de l'hydrure pur, le constituant phénazinique n'étant pas en quantité suffisante pour former un précipité de complexe. Entre les rapports 2 à 6 de phénazine pour 1 de dihydrure, on a une précipitation mixte des cristaux, séparés et facilement reconnaissables, du complexe et du dihydrure excédentaire. Quand la proportion de phénazine atteint 7 pour 1 de dihydrure, les cristaux recueillis sont homogènes, alors que, quand la teneur en phénazine augmente encore, et déjà avec 8 pour 1, les cristaux de phénazine excédentaire commencent à apparaître à côté de ceux du complexe. Il y a là, déjà, une forte présomption en faveur de la composition, 7 pour 1, proposée pour ce complexe. Il faut ajouter, que dans le cas du mélange ci-dessus à 7 pour 1, le rendement en complexe directement précipité est de 75 %, ce qui est encore un argument supplémentaire en faveur de la composition 7/1.

Pour les corps hydroxylés les choses se présentent de manière analogue, seule la plus grande solubilité du dihydrure impose un volume de solvant plus petit, 1,5 cm^3; dans le cas du mélange en proportions 7/1, le rendement en complexe directement précipité s'élève à 70 %.

Les dosages à l'iode ont été effectués en atmosphère de gaz inerte sur le produit, lui-même isolé à l'abri de l'air ; ils ont donné des résultats reproductibles et constants, comme le montrent les chiffres qui suivent. H oxydable par molé-

cule, théorie pour une association octomoléculaire 0,250, trouvé : pour l'association méthoxylée $\beta(H_2\Phi_Z\text{-}OCH_3, 7\Phi_Z\text{-}OCH_3)$ 0,248, 0,240, 0,246, 0,242, 0,249 et 0,248; pour l'association hydroxylée $\beta(H_2\Phi_Z\text{-}OH, 7\Phi_Z\text{-}OH)$ 0,241, 0,246, 0,248 et 0,247.

Il ressort de là que les phénazines et leurs dihydrures peuvent former au moins trois types d'associations moléculaires. Il est à remarquer qu'une molécule de dihydrure s'adjoint chaque fois un nombre impair de molécules de phénazine, savoir 1, 3 ou 7.

GÉOMÉTRIE DIFFÉRENTIELLE. — *Surfaces minima et opérateurs linéaires associés.* Note de M. Georges Bouligand.

La présente Note réunit deux points de vue, dont l'un complète les formules classiques de Weierstrass par les résultats d'une Note antérieure (1), tandis que l'autre fait émerger un processus général important en analyse linéaire.

1. Soient x, y, z les coordonnées rectangulaires du point courant M d'une surface minima, fonctions harmoniques des paramètres isothermes μ, ν, avec, pour conjuguées, x_1, y_1, z_1. En posant $w = \mu + i\nu$, on obtient avec Weierstrass les différentielles de $x + ix_1$, $y + iy_1$, $z + iz_1$, à savoir

$$(1 - w^2)\mathcal{F}(w)\,dw, \quad i(1 + w^2)\mathcal{F}(w)\,dw, \quad 2w\mathcal{F}(w)\,dw.$$

Soit (E) l'ensemble des surfaces minima ainsi paramétrées, provenant de $\mathcal{F}$ holomorphes dans le cercle $|w| < 1$, telles en outre que sur la circonférence la répartition des valeurs de $|\mathcal{F}|$ soit commune à ces $\mathcal{F}$. Cette communauté de valeurs sur $|w| = 1$ se produit aussi pour $\overline{\text{grad}}^2$ L, en notant L une forme linéaire quelconque de x, y, z, par exemple une de ces coordonnées. Vu mes résultats antérieurs (1), dans l'ensemble (F) des $\mathcal{F}$ ci-dessus, il y a un ensemble f_0 de termes *privés de zéros* pour $|w| < 1$, termes qui livrent des surfaces minima dont chaque point est à voisinage régulier ; multipliant les termes de f_0 par un même facteur φ du type obtenu au n° 3 du texte cité, on obtient un ensemble f_φ. Chaque f_φ est une *classe d'équivalence*, par communauté pour ses termes de l'ensemble des zéros pour $|w| < 1$, pris chacun avec son ordre de multiplicité. Ces classes sont autant de modèles d'un même groupe de rotations, l'angle de rotation β étant introduit par la constante $i\beta$ du problème linéaire résolvant. Les $\mathcal{F}$ d'une telle classe donnent chaque fois un cycle de *surfaces minima associées* pour lesquelles les points provenant d'un même w participent à une correspondance alliant, comme il est connu, l'isométrie au parallélisme des plans tangents, propriété douée d'une réciproque (2).

---

(1) G. Bouligand, *Comptes rendus*, 241, 1955, p. 1537.

(2) G. Darboux, *Théorie des surfaces*, 2e éd., 1, p. 383-385

2. On revient à l'analyse linéaire (3) quand on engendre chaque surface minima S(M) comme enveloppe d'un plan

$$\sin u\,(x\cos v + y\sin v) + z\cos u = h(u, v).$$

En supplantant au premier membre x, y, z par les coordonnées complexes $x+ix_1$, ..., vu que h est la partie réelle du résultat, le comportement de $x+ix_1$, ... au passage de S(M) à ses associées donne celui de h.

Sous cet aspect de la théorie, le processus livrant les associées d'une surface minima s'applique aussi aux surfaces S(M, c) telles que la demi-somme de leurs rayons de courbure principaux soit égale à $ch(u, v)$, surfaces auxquelles ramenait la méthode des notes citées (3) et dont Édouard Goursat avait jadis fait l'étude (4), surtout pour expliciter avec appui du champ complexe une suite de valeurs c où l'équation des S(M, c) est réductible (5). En effet la généralisation de l'intégrale de Poisson pour une S(M, c) (cas d'une calotte sphérique dont le rayon géodésique ρ doit être majoré en fonction de c) donne un résultat de la forme

$$\pi h(v) = \int_0^{2\pi} f(t)\left[\frac{1}{2}\frac{U_0(u, c)}{U_0(\rho, c)} + \sum_1^{\infty}\frac{U_n(u, c)}{U_n(\rho, c)}\cos n(v-t)\right]dt$$

avec premier membre dépendant aussi de u, dontle rôle n'est ici qu'accessoire. On note U_n la solution holomorphe pour $u = 0$, déterminée à un facteur constant près, de

$$U'' + U'\cot g u + (2 + 2c - n^2\sin^{-2}u)\,U = 0.$$

Dès lors, acquise pour les S(M), la notion des associées se transmet aux S(M, c) sous forme indépendante de c. Et à son tour, cette forme rentre dans le processus général suivant :

En appelant λ_0, ..., λ_n, ... des quantités indépendantes de v, où peuvent figurer d'autres variables (telle u), on dira que les fonctions

$$h_\beta(v) = \int_0^{2\pi} f(t)\,\{\lambda_0\cos\beta + \ldots + \lambda_n\cos[n(v-t)+\beta] + \ldots\}\,dt$$

issues d'une même $f(t)$, sont mutuellement associées. Ici reparaît un groupe de rotations d'amplitude β. Le type de transformation linéaire qui de f, permet de déduire h_0, se présente d'ailleurs dans le problème de Dirichlet pour un disque circulaire plan ou pour une calotte de surface de révolution, à partir

(3) G. BOULIGAND, *Comptes rendus*, 240, 1955, p. 2103 et 2276.

(4) E. GOURSAT, *Amer. J. Math.*, 10, 1888, p. 187-204. A propos de ce travail, *voir* R. RITTER, *Archiv der Math*, 6, 1955, p. 311-319.

(5) Ce procédé récurrent résulte dans mes calculs de ce que l'harmonicité de $f(x, y, z)$ exprimée en coordonnées sphériques par $r^{-\alpha-1}\varphi(u, v)$ entraîne celle de la dérivée partielle f_z.

d'une équation aux dérivées partielles indifférente aux rotations v, $v+\beta$ (6). On revient à h_β après calcul de la partie réelle de la somme des $\lambda_n e^{in(v-t)}$ multipliée par $e^{i\beta}$. Déjà noté à propos du problème harmonique avec donnée périphérique de la longueur du gradient, cas du cercle, ce processus mérite d'être retenu à titre autonome en analyse fonctionnelle linéaire (7).

BOTANIQUE. — *Parenté réelle et pseudo-parenté de convergence.* Note (*) de M. **Henri Gaussen**.

Les questions d'hybridation permettent de distinguer la parenté réelle et une pseudo-parenté de convergence. L'hybridation est possible si les caractères embryonnaires des deux parents sont très voisins; tout se passe comme si les caractères de l'adulte étaient dormants au moment de la fécondation. S'il y a convergence des embryons, l'hybridation est possible pour des types qui, adultes, peuvent être très différents.

Le but des travaux relatifs à la « classification naturelle » est de rechercher la parenté réelle des genres et des espèces. On dit que deux espèces sont parentes quand elles ont un ancêtre commun. Elles ont de nombreux caractères communs et ne diffèrent que par les caractères spécifiques souvent d'importance peu considérable. On conçoit que l'hybridation soit fréquente entre espèces voisines; les chromosomes sont semblables dans la presque totalité de leur structure et l'on comprend qu'ils puissent s'apparier.

Si l'on s'éloigne de l'espèce vers le genre on a souvent des raisons valables de dire qu'un genre descend de l'autre. Par exemple en étudiant les Conifères on peut établir que le genre *Pseudotsuga* descend du genre *Larix* et que *Abies* descend de *Cedrus*. Mais il faut comprendre la valeur de telles expressions. Dire que *Pseudotsuga* descend de *Larix* veut dire qu'il y a un ancêtre commun A. Cet ancêtre commun a donné un phylum A → *Larix* et un phylum A → *Pseudotsuga*. Le premier phylum a évolué moins profondément que le second ce qui fait que *Larix* ressemble plus à A que *Pseudotsuga*. Mais cela ne veut pas dire que le genre *Pseudotsuga* soit passé par le type *Larix*. Il est passé par le type A qui devait ressembler assez à *Larix*.

---

(6) Si la surface et les coefficients de l'équation sont analytiques, effets de lissage analytique en passant de f à h, mais non en sens inverse; et sans détriment de la possibilité de composer (avec loi interne associative) les h_β issues de valeurs distinctes du paramètre radial, soit u à l'avant-dernier alinéa du texte.

(7) Pas de changement quand s'adjoignent des $\mu_n \sin n(v-t)$ dans h_0, chacun étant alors la partie réelle d'une exponentielle avec l'exposant

$$ni(v-t) - i\pi/2.$$

(*) Séance du 28 novembre 1955.

L'hybridation est peut-être possible entre *Larix* et *Pseudotsuga* mais on n'en a pas d'exemple. La *parenté est réelle* mais sans doute trop lointaine pour permettre l'hybridation.

Toute cette question est claire. Il faut maintenant parler de la *pseudo-parenté de convergence.*

En reprenant l'exemple des Conifères, on constate que dans le tableau phylétique on peut faire apparaître des paliers présentant d'importants caractères communs. Le genre *Pinus* possède trois types de rameaux : auxi-méso- et brachyblastes. Ce dernier type est très particulier et n'est pas pourvu de bourgeon terminal ([1]). Le genre *Pinus* a conservé dans la nature actuelle ces trois types de rameaux qui existaient chez l'ancêtre.

Dans le phylum *Pinus-Cedrus* les brachyblastes ont disparu, mais les mésoblastes végétatifs, rameaux à croissance limitée mais terminés par un bourgeon, se sont conservés. De même dans le phylum *Pinus-Larix*, de même *Pinus-Pseudolarix* et peut-être chez les fossiles *Pinus-Pityites.*

Ces genres : *Cedrus*, *Larix*, *Pseudolarix*, *Pityites* ont en commun un caractère important. Leur apparence est analogue. Ils ont atteint pour ce caractère un état d'évolution analogue et pourtant ils ne sont pas parents ou tout au moins ont une parenté extrêmement lointaine. Ils se ressemblent plus entre eux qu'ils ne ressemblent à leur ancêtre *Pinus.* On peut dire qu'ils ont une convergence de forme.

Poursuivons cette étude. L'ancêtre commun à *Cedrus* et *Abies* a vu dans *Abies* disparaître le mésoblaste végétatif. De même *Pseudotsuga* pour le phylum *Larix*, de même *Keteleeria* pour le phylum *Pseudolarix*, de même *Picea* pour le phylum *Pityites*, de même sans doute *Tsuga* pour un phylum dont le type à mésoblaste végétatif ne nous est pas connu.

Il y a convergence de l'appareil végétatif de *Abies*, *Pseudotsuga*, *Keteleeria*, *Picea*, *Tsuga*.

Il est extrêmement curieux qu'on puisse parler d'une pseudo-parenté de convergence. Des hybrides fertiles existent entre des espèces de *Picea* et de *Tsuga*, de *Keteleeria* et de *Tsuga*, alors que de multiples caractères séparent ces genres; mais comme l'a fait remarquer Mlle de Ferre (1952), chaque fois que deux espèces s'hybrident, espèces du même genre ou de genres différents il y a une formule cotylédonnaire commune. Mme Vabre-Durrieu (1954) a montré que les chromosomes des espèces de *Tsuga* et de *Picea* qui s'hybrident ne peuvent pas être distingués morphologiquement. Il y a là une question très curieuse car ces deux genres sont très différents

([1]) La différence entre le mésoblaste de Cèdre et le brachyblaste de Pin a été établie par la morphologie comparée (Flous, 1938). Elle vient d'être confirmée histologiquement par Camefort (1955).

par divers caractères importants. Rappelons que le nombre de chromosomes est le même.

On peut suggérer une hypothèse : ce qui est chargé de former les parties adultes de la plante : feuilles, fleurs ou graines serait en sommeil plus ou moins complet à la formation de l'œuf. A ce moment seul serait « éveillé » ce qui doit tout de suite commander la formation de l'embryon et des cotylédons. Deux espèces, même de genres différents, peuvent s'hybrider si à la formation de l'œuf leurs « éveillés » sont les mêmes ou ont une grande ressemblance, c'est-à-dire s'il y a même formule cotylédonnaire impliquant le même type d'hypocotyle.

Dans deux espèces parentes, c'est-à-dire ayant de nombreux caractères communs, les « dormants » ont beau être semblables, il suffit d'une différence dans les « éveillés » pour que l'hybridation ne se produise pas.

Dans deux espèces non parentes, mais convergentes par leurs « éveillés », l'hybridation peut se produire bien que les « dormants » soient très différents.

Il y a là une explication qui, si elle est exacte, est susceptible d'éclairer bien des phénomènes évolutifs.

CYTOLOGIE INFRAMICROSCOPIQUE. — *Étude au microcope électronique de la disposition des membranes latérales dans les cellules de certains épithéliums chez les Mammifères.* Note de MM. **Albert Policard, André Collet** et Mme **Lucette Giltaire Ralyte.**

Dans les cellules épithéliales de l'intestin et des bronchioles, les limites latérales montrent au microscope électronique des plissements et des engrènements dont la signification fonctionnelle est discutée.

Au microscope optique, sur les coupes, les limites latérales des cellules épithéliales apparaissent généralement rectilignes. Il n'en est plus de même au microscope électronique. A des grossissements allant de 7000 à 12 000, on peut constater, dans beaucoup de types de cellules épithéliales, la présence très fréquente de nombreux plissements et engrènements intercellulaires. Nous avons pu observer cette disposition, avec une particulière netteté et d'une façon constante, dans les cellules de l'intestin grêle et celles des dernières parties des voies bronchiolaires chez le Rat normal.

Dans l'épithélium intestinal, les limites latérales des cellules sont marquées par une ligne, dense aux électrons, parfaitement nette, d'une épaisseur d'environ 300 Å. Sur les côtés des cellules, en des zones plus ou moins étendues et à des hauteurs variables, cette membrane présente des plissements singuliers. Le cytoplasma d'une cellule paraît envoyer dans celui de l'autre des diverticules aplatis, en forme de plaques, longs parfois de 1 μ, et épais de 0,1 μ

au plus. Les figures A et B, calques exacts des microphotographies électroniques, donnent une idée de la disposition de ces plissements. Ils apparaissent très différents des plissements décrits au niveau de la base des cellules épithé-

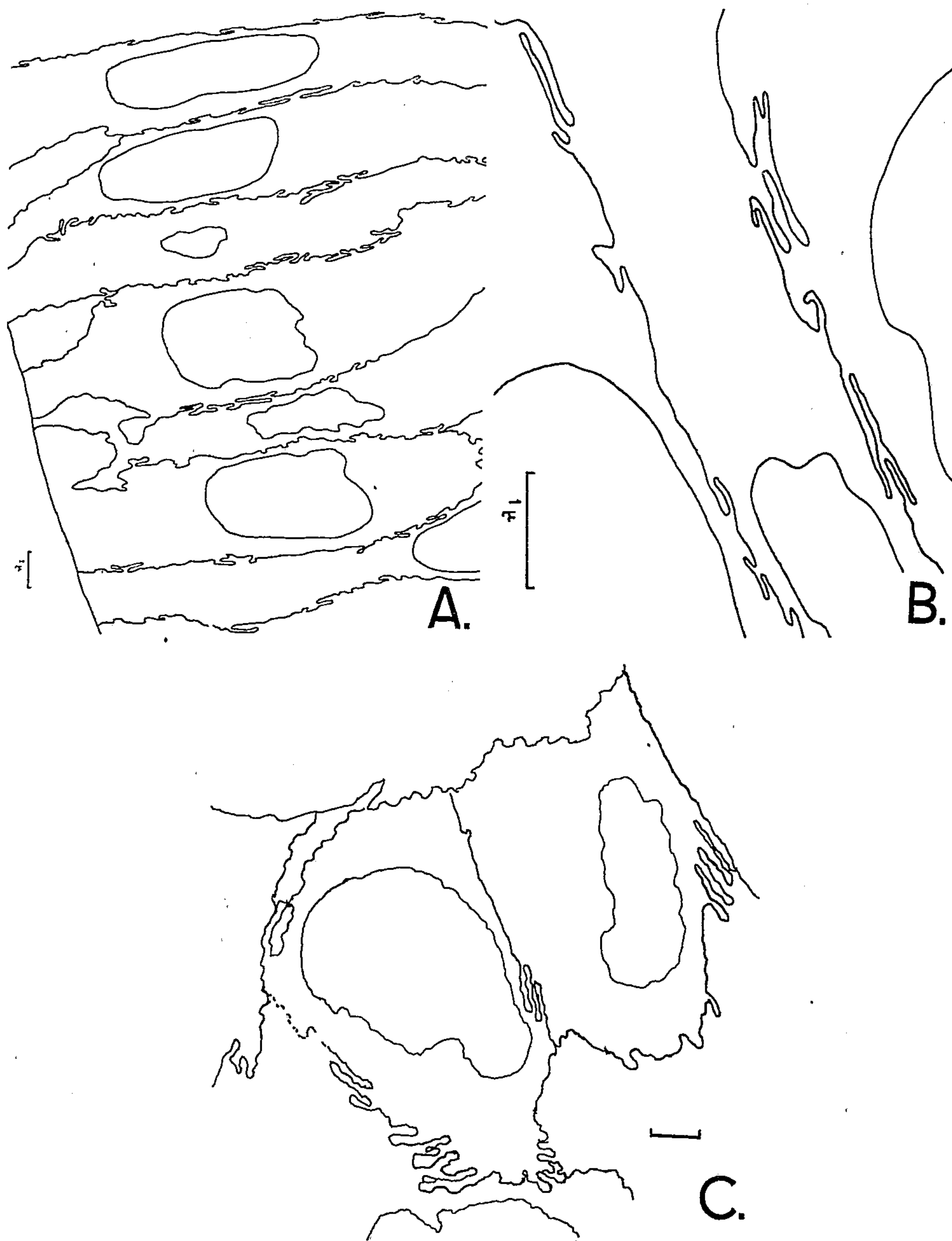


Fig. A. — Épithélium de l'intestin grêle de Rat. Calque de la membrane cellulaire sur microphotographie électronique. Plissements et engrènements dans les parties latérales.

Fig. B. — Mêmes cellules; grossissement plus fort de certaines cellules.

Fig. C. — Cellules épithétiales de l'extrémité des bronchioles chez le Rat. Calque de la membrane cellulaire sur microphotographie électronique. Disposition des plissements.

liales dans certains organes, le tube urinaire en particulier. Ces plissements constituent des loges dans lesquelles sont logés les bâtonnets mitochondriaux ([1]). Ces plissements latéraux constituent au contraire des engrènements intercellulaires.

Au niveau des cellules épithéliales bronchiolaires non ciliées, les limites intercellulaires montrent des plissements et non exactement des engrènements (*fig.* C).

L'existence de ces dispositifs pose un certain nombre de problèmes d'ordre cytophysiologique.

1. On a pu, à un moment donné, penser que ces plissements pouvaient être l'origine des systèmes de doubles lamelles caractérisant l'ergastoplasma au microscope électronique (« *endoplasmic reticulum* » de Porter). Nos constatations jusqu'ici ne confirment pas cette hypothèse. Les cellules examinées par nous ne renferment pratiquement pas de sacs ergastoplasmiques. Aucune image n'a été observée qui permette d'établir un rapport entre les structures ergastoplasmiques et les plissements des membranes latérales.

2. Les epitheliums dans lesquels nous avons pu constater ces plissements latéraux sont tous normalement soumis pendant la vie à des mouvements incessants (mouvements intestinaux, mouvements respiratoires). On peut se demander si la présence des plissements latéraux dans ces types cellulaires n'est pas en rapport avec les tiraillements qu'ils subissent physiologiquement. Pour cette raison, des limites latérales rectilignes et rigides paraîtraient anormales. L'existence des engrènements mutuels des cellules permet les déplacements des cellules les unes par rapport aux autres, tout en maintenant entre elles une adhérence exacte, malgré les tiraillements qu'elles subissent. Cette explication appelle évidemment confirmation, mais elle paraît vraisemblable.

Les plissements des cellules bronchiolaires semblent plutôt en rapport avec des télescopages dans le sens axial.

3. Les cellules épithéliales intestinales, on le sait, ne se détachent généralement pas isolément mais par groupe. Leur union mutuelle certainement très forte peut être rattachée à la présence de ces engrènements.

4. Dans un récent travail sur la structure inframicroscopique de l'épithélium de la vésicule biliaire, R. Yamada ([2]) a émis l'hypothèse suivante voisine de celle qui vient d'être exposée. Dans ces épithéliums, la migration de leucocytes venus de la profondeur est fréquente. Ces leucocytes migrateurs glissent entre deux cellules épithéliales (thèques intraépithéliales). Ces leucocytes migrateurs ayant un certain volume, la présence de plissements dans les limites intercellulaires latérales permettrait un écartement des parois des cellules épithéliales. Il en serait différemment avec des limites rectilignes et rigides. Il

---

([1]) F. S. Sjöstrand et J. Rhodin, *Exp. cell res.*, 4, 1953, p. 426.

([2]) *J. biophys. biochem. cytol.*, 1, 1955, p. 445.

se produirait des étirement accentués et nuisibles des parois cellulaires. On peut seulement remarquer qu'en général, les leucocytes migrateurs passent au point de jonction de trois cellules et non entre les parois de deux cellules accolées.

M. **Louis de Broglie** dépose sur le Bureau de l'Académie l'*Annuaire pour l'an* 1956 *publié par le Bureau des Longitudes.*

M. **Robert Courrier** s'exprime en ces termes :

J'ai l'honneur de déposer sur le Bureau, pour la Bibliothèque de l'Institut, ce livre de notre regretté Confrère, **Pierre Teilhard de Chardin**, qui a pour titre : *Le Phénomène humain.*

Selon l'expression de l'auteur, il s'agit d'une « Introduction à une explication du monde ». A travers les phases d'une évolution convergente dans laquelle « toute énergie est de nature psychique », la conscience croît en fonction de la complexité matérielle. Elle s'affirme en l'homme par la Réflexion.

M. **Arnaud Denjoy** s'exprime en ces termes :

J'ai l'honneur de déposer sur le Bureau de l'Académie deux volumes paraissant sous mon nom, intitulés : *Articles et Mémoires.* C'est la réunion, reproduite par le procédé photographique, de la collection de mes écrits dispersés dans les divers périodiques dont je fus le collaborateur. Les mathématiciens qui me font l'honneur de s'intéresser à mes recherches passées, apprécieront peut-être la commodité de trouver dans ces deux tomes le groupement systématique de mes travaux de détail.

Au nom de M. **Alexandre Dauvillier**, M. **Paul Montel** fait hommage à l'Académie d'un Ouvrage de celui-ci intitulé : *Cosmologie et chimie.*

M. **Charles Dufraisse** au nom du Comité national de Chimie dont il est le Président, adresse le rapport de ce Comité relatif au **XIVe Congrès international de Chimie.**

M. **Pierre-P. Grassé** fait hommage de l'édition française, dont il a écrit la Préface, d'un Ouvrage de **Karl von Frisch** intitulé : *Vie et mœurs des abeilles*, traduit par **André Dalcq.**

M. **Léon Moret** adresse en hommage à l'Académie le texte d'une Conférence faite par lui au Palais de la Découverte : *Tableau de l'activité scientifique d'une Faculté de province, Grenoble* 1955.

RENOUVELLEMENT ANNUEL
DU BUREAU ET DES COMMISSIONS ADMINISTRATIVES.

M. **Léon Binet** est élu vice-président pour l'année 1956 par la majorité absolue des suffrages exprimés.

MM. **Émile Borel** et **Gabriel Bertrand** sont réélus Membres des Commissions administratives par l'unanimité des suffrages exprimés.

PLIS CACHETÉS.

A la demande de l'auteur, le pli cacheté accepté en la séance du 6 novembre 1950 et enregistré sous le n° 12753, est ouvert par M. le Président.

Le document qui en est retiré intitulé : *Electro-vecto cardiographie intrinsèque*, par Renaud Koechlin, examiné en séance par un Membre de la Section de médecine et chirurgie, M. **Louis Bazy**, sera conservé dans les archives.

CORRESPONDANCE.

M. **Alfred Blalock**, élu Associé étranger, adresse ses remercîments à l'Académie.

L'Académie, informée par M. **Louis Castex**, Conseiller de l'Union française, de ce qu'à l'occasion des Jeux Olympiques de Cortina d'Ampezzo, dans les Dolomites, un médaillon sera apposé à la mémoire de **Déodat Dolomieu**, accorde son patronage à cette manifestation.

Le Comité du **IVe Congrès des mathématiciens roumains** informe l'Académie de la réunion à Bucarest de ce Congrès organisé par l'Académie de la République populaire roumaine, du 27 mai au 4 juin 1956. Il invite l'Académie à s'y faire représenter.

L'Académie est informée de la réunion du **IVe Congrès international de nutrition**, qui se tiendra à Paris, du 24 au 29 juillet 1957.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Études relativistes. *La Cinématique relativiste*, par Henri Arzeliès.

2° Collection de logique mathématique. Série A. X. *L'existence en mathématiques*, par E. W. Beth.

3° *Exposé élémentaire des principes de la Géométrie euclidienne*, par Robert Brisac. Préface de René de Possel.

4° Mémorial des sciences mathématiques. Fascicule CXXXII. *Élasticité*, par Henri Pailloux.

5° Max Born. *L'expérience et la théorie en physique*, traduit par Jean-Paul Mathieu.

6° Michel Robida. *Ces bourgeois de Paris. Trois siècles de chronique familiale de* 1675 *à nos jours*. (Cet Ouvrage contient des notes biographiques sur les Le Monnier, Membres de l'Académie royale des sciences).

7° *Chimie et industrie*. Numéro spécial édité à l'occasion du *XXVIII*e *Congrès international de chimie industrielle, Madrid*, 22-31 *octobre* 1955.

8° Consiglio Nazionale delle Ricerche (Rome). *Giornata della scienza*, 5. *Sessione indetta dal C. N. R. in occasione della* 33. *Fiera di Milano. Convegno internazionale sui problem della ricerca scientifica, Milano*, 12-14 *aprile* 1955.

9° Académie des sciences de Lituanie. *Gamtininko uzrasai* (Mémoire d'histoire naturelle), et *Lietuvos Paukséiai* (Oiseaux de Lituanie), par T. Ivanauskas.

10° id. *Lietuvos TSR Mokslu Akademijos Darbai*. Serija B. 1.

11° Institut royal météorologique de Belgique. *Bulletin de la Station ionosphérique de Lwiro* (*Congo belge*), *de l'Institut pour la recherche scientifique en Afrique Centrale*. Volume I.

HISTOIRE DES SCIENCES. — *Einstein et Gibbs devant la thermodynamique statistique*. Note de M. **René Dugas**, présentée par M. Louis de Broglie.

En 1902, Einstein publie un Mémoire où, considérant à l'exemple de Boltzmann les systèmes les plus généraux satisfaisant aux équations canoniques de la mécanique classique, il associe à un ensemble de tels systèmes une définition univoque de l'entropie pour atteindre l'interprétation mécanique du second principe de la thermodynamique. Ce Mémoire en annonce un second, daté de Berne en janvier 1903, où à titre de généralisation Einstein considère des *systèmes physiques* régis individuellement par un système d'équations différentielles du premier ordre quelconques, sous la seule réserve de l'existence d'une intégrale première de l'énergie.

Ces travaux d'Einstein sont de toute évidence indépendants du traité de Mécanique statistique publié par Gibbs en 1902. On a parfois présenté cette simultanéité entre Einstein et Gibbs et la parenté entre leurs thèses

comme une de ces rencontres dont l'histoire des sciences est coutumière. Cette parenté, d'ailleurs limitée, est naturelle dans la mesure où Gibbs et Einstein partaient tous deux du fonds commun de l'œuvre de Boltzmann.

Gibbs, renonçant à toute hypothèse sur la structure interne de la matière, traite la mécanique statistique comme une branche de la mécanique rationnelle, où à l'étude d'un système se trouve substituée celle d'une assemblée de systèmes indépendants. Il n'a de scrupules qu'à l'égard de l'interprétation thermodynamique de la mécanique statistique et hésite longuement entre les ensembles canoniques et les ensembles microcanoniques pour traduire les propriétés globales de la température et de l'entropie.

L'apparente généralité de la thèse de Gibbs ne doit pas faire illusion. En effet, comme Planck l'a montré (¹), si les différentes définitions données par Gibbs pour l'entropie coïncident avec celle de Boltzmann dans le cas simple de nombreuses particules identiques et pour l'état stationnaire, seule la définition de Boltzmann, où la probabilité relative d'un état du système se mesure par le nombre des « complexions » qui peuvent le réaliser, est assez générale pour s'appliquer à des états entièrement arbitraires.

En regard, la démarche d'Einstein est plus hardie que celle de Gibbs en ce sens qu'il ne renonce pas à mettre en évidence, comme ses recherches ultérieures devaient le montrer, la réalité moléculaire et qu'il ne doute pas au départ d'obtenir une représentation univoque des grandeurs de la thermodynamique à l'aide des seuls ensembles qu'il considère et qui sont en fait microcanoniques au sens de Gibbs. Mais s'il admet avec Boltzmann le postulat que des états plus probables doivent succéder à des états moins probables, Einstein n'est pas sans faire à la théorie cinétique grief d'avoir parfois, sans justification logique et comme pour les besoins de la cause, admis l'existence de cas d'égale probabilité. Aussi, tout en demeurant dans la stricte obédience de Boltzmann pour caractériser les probabilités de présence des différents systèmes d'un ensemble dans les *cellules finies* de l'extension en phase, Einstein a-t-il soin de n'associer en pratique l'entropie à une probabilité que lorsque celle-ci peut revêtir un véritable caractère « statistique ». Cela dit, Einstein n'hésitera pas à inverser le processus de la théorie cinétique et à redescendre de l'entropie à une probabilité. Et c'est précisément une telle inversion, à partir de l'entropie du rayonnement dans le champ de validité de la loi de Wien, qui donnera naissance aux quanta de lumière, lesquels apparaissent statistiquement comme des individus dotés d'une énergie donnée.

Einstein devait déclarer en 1911 que si le traité de Gibbs lui avait été connu, il n'aurait pas publié ses propres recherches de mécanique statis-

(¹) *Festschrift L. Boltzmann gewidmet*, Barth, Leipzig, 1904, p. 113-122.

tique ([2]). Mais la thèse de Gibbs, si brillante qu'elle fût, ne devait conduire à aucun prolongement en dehors du champ qu'elle entendait codifier. C'est bien de Boltzmann, et de façon précise du Mémoire de 1877 où était apparue en toute généralité la signification probabiliste de la grandeur H (et partant de l'entropie) qu'ont pu procéder les découvertes d'Einstein en ce domaine.

ALGÈBRE. — *Sur le nilpotence de certains groupes algébriques.*

Note de M. **Michel Lazard**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

On démontre l'énoncé suivant (précisé ci-dessous), proposé par P. Cartier : si l'on définit une structure de groupe algébrique sur un espace affine d'où l'on ne retire aucun point, on obtient un groupe nilpotent. La méthode utilise essentiellement le fait qu'un p-groupe fini est nilpotent.

Dans un groupe G noté multiplicativement, les *commutateurs composés* $C_r(X_1, \ldots, X_r)$ sont définis par :

$$C_2(X_1, X_2) = X_1 X_2 X_1^{-1} X_2^{-1} \quad \text{et} \quad C_{s+1}(X_1, \ldots, X_{s+1}) = C_2(X_1, C_s(X_2, \ldots, X_{s+1})),$$

où les X_j sont dans G. L'ensemble des $U \in G$ vérifiant les relations $C_{r+1}(X_1, \ldots, X_r, U) = e$ (élément neutre) pour tous $X_1, \ldots, X_r \in G$ constitue un *sous-groupe* de G, appelé son $r^{\text{ième}}$ centre et noté $\mathfrak{Z}_r(G)$; G est dit *nilpotent* s'il existe un r tel que $\mathfrak{Z}_r(G) = G$; sa *classe* est alors le plus petit entier r ayant cette propriété.

Soit n un entier ≥ 1. Pour tout anneau commutatif unitaire A, nous noterons A^n l'ensemble des « points » $U = (u_1, \ldots, u_n)$ dont les n « coordonnées » (u_i) sont dans A. Soient $f_i(x_1, \ldots, x_n, y_1, \ldots, y_n)$ n polynomes $(1 \leq i \leq n)$ en $2n$ lettres à coefficients dans A. Pour toute A-algèbre commutative unitaire B, la donnée des polynomes (f_i) définit une application polynome de $B^n \times B^n$ dans B^n : si $U = (u_i)$, $V = (v_i) \in B^n$, nous posons $U.V = W = (w_i)$, où

$$w_i = f_i(u_1, \ldots, u_n, v_1, \ldots, v_n).$$

Nous dirons que les (f_i) constituent une *loi de groupe polynomiale* (de dimension n et à coefficients dans A) si, pour toute A-algèbre B, l'opération $(U, V) \to U.V$ fait de B^n un *groupe* (noté multiplicativement). On démontre alors sans peine que l'application $(U, V) \to U.V^{-1}$ est encore donnée par des fonctions polynomes à coefficients dans A ; après un déplacement éventuel de l'origine des coordonnées, nous pourrons supposer que l'élément neutre est le point o dont les coordonnées sont nulles. La loi de groupe (f_i) sera dite *nilpotente* de classe $\leq r$ si, pour toute A-algèbre B, elle fait de B^n un groupe *nilpotent* de classe $\leq r$.

([2]) *Ann. Phys.*, 34, 1911, p. 175-176.

LEMME 1. — *Une loi de groupe polynomiale* (f_i) *de dimension* n *à coefficients dans le corps fini* $\mathbf{F}_q$ *à* q *éléments est nilpotente de classe* $\leq n$.

Démonstration. — Notons $\mathbf{F}_{q^s}$ l'extension algébrique de degré s de $\mathbf{F}_q$ contenue dans sa clôture algébrique $\mathbf{F}$, et K un sur-corps de $\mathbf{F}$ de degré de transcendance infini. Nous considérerons dans K^n des variétés algébriques ayant $\mathbf{F}$ comme corps de définition; K^n sera muni de sa structure de groupe algébrique définie par la loi (f_i). Des points $X_1, \ldots, X_r \in K^n$ seront dits *points génériques indépendants* si leurs nr coordonnées sont algébriquement indépendantes sur F. Tout revient à démontrer que $C_{n+1}(X_1, \ldots, X_{n+1}) = 0$ pour des points génériques indépendants X_j. Les points U du $r^{\text{ième}}$ centre $\mathfrak{Z}_r(K^n)$ sont les solutions de l'équation algébrique entière $C_{r+1}(X_1, \ldots, X_r, U) = \mathbf{O}$ où les X_j sont génériques indépendants; $\mathfrak{Z}_r(K^n)$ est donc un *sous-groupe algébrique* de K^n. En paraphrasant un raisonnement de Chevalley (1), on voit que $\mathfrak{Z}_r(K^n)$ a un *sous-groupe algébrique irréductible d'indice fini*, noté $\tilde{\mathfrak{Z}}_r(K^n)$. Pour que $U \in \tilde{\mathfrak{Z}}_r(K^n)$ il *suffit* que $U \in \mathfrak{Z}_r(K^n)$ et qu'il existe une *spécialisation sur* $\mathbf{F}$ *de* U *en* $\mathbf{O}$. Montrons que, si $\mathfrak{Z}_r(K^n) \neq K^n$, $\tilde{\mathfrak{Z}}_{r+1}(K^n) \neq \tilde{\mathfrak{Z}}_r(K^n)$, ce qui entraîne le lemme, car on a une suite strictement croissante $(\tilde{\mathfrak{Z}}_r(K^n))$ de variétés irréductibles, commençant par $\tilde{\mathfrak{Z}}_0(K^n) = (\mathbf{O})$.

Soit donc $\mathfrak{Z}_r(K^n) \neq K^n$; supposons $\mathfrak{Z}_{r+1}(K^n) \neq K^n$ [sinon $\tilde{\mathfrak{Z}}_{r+1}(K^n) = K^n$]. Pour un point générique $Y \in K^n$, les n coordonnées du commutateur $C_{r+3}(X_1, \ldots, X_{r+2}, Y)$ sont des polynomes en les coordonnées des X_j; soit d le maximum des degrés partiels de ces polynomes. Pour que $U \in \mathfrak{Z}_{r+2}(K^n)$, il suffit que, pour un s vérifiant $q^s > d$, $C_{r+3}(V_1, \ldots, V_{r+2}, U) = \mathbf{O}$ pour tous $V_1, \ldots, V_{r+2} \in \mathbf{F}^n_{q^s}$ à q^{sn} éléments : c'est donc un *p-groupe fini* (p = caractéristique de $\mathbf{F}$), et il est *nilpotent*. Puisque $C_{r+2}(X_1, \ldots, X_{r+2}) \neq \mathbf{O}$ pour des X_j génériques indépendants, on peut trouver un entier t et $V_1, \ldots, V_{r+2} \in \mathbf{F}^n_{q^t}$ tels que $C_{r+2}(V_1, \ldots, V_{r+2}) \neq 0$. Prenons $s \geq t$ tel que $q^s > d$. Alors $\mathfrak{Z}_{r+1}(\mathbf{F}^n_{q^s}) \neq \mathbf{F}^n_{q^s}$; donc, puisque $\mathbf{F}^n_{q^s}$ est nilpotent, nous pouvons choisir $V \in \mathfrak{Z}_{r+2}(\mathbf{F}^n_{q^s}) - \mathfrak{Z}_{r+1}(\mathbf{F}^n_{q^s})$ (2), d'où $V \in \mathfrak{Z}_{r+2}(K^n)$. Posons $W = C_2(X, W)$, où X est un point générique. Nous avons $W \in \mathfrak{Z}_{r+1}(K^n) - \mathfrak{Z}_r(K^n)$. De plus, si l'on spécialise X en $\mathbf{O}$ sur $\mathbf{F}$, W est spécialisé en $\mathbf{O}$, d'où $W \in \tilde{\mathfrak{Z}}_{r+1}(K^n)$, et $\tilde{\mathfrak{Z}}_{r+1}(K^n) \neq \tilde{\mathfrak{Z}}_r(K^n)$.

C. Q. F. D.

LEMME 2. — *Soit* A *un anneau commutatif unitaire de type fini* (*c'est-à-dire ayant un nombre fini de générateurs*). *Alors* : 1° *le quotient de* A *par un idéal maximal est un corps fini;* 2° *l'intersection des idéaux maximaux de* A *coïncide avec celle de ses idéaux prèmiers, c'est-à-dire avec l'ensemble de ses éléments nilpotents.*

---

(1) *Groupes algébriques*, Paris, Hermann 1951, p. 86-88. On évitera l'usage de la proposition 2, § 1 en se souvenant que l'inverse d'un élément est obtenu par une application polynome.

(2) Ce signe « — » désigne la différence ensembliste.

Ce lemme résulte aisément de théorèmes connus de géométrie algébrique.

THÉORÈME. — *Toute loi de groupe polynomiale de dimension n à coefficients dans un anneau commutatif unitaire* A *est nilpotente. Si de plus* A *est sans éléments nilpotents non nuls, la loi de groupe est nilpotente de classe* $\leq n$.

Démonstration. — Nous pouvons toujours supposer que la loi de groupe (f_i) a ses coefficients dans un anneau de type fini : il suffira de remplacer éventuellement A par son sous-anneau unitaire A_0 engendré par tous les coefficients des polynomes (f_i). Si nous passons au quotient par un idéal maximal de A_0, nous obtenons une loi de groupe à coefficients dans l'anneau quotient, qui est un corps fini (lemme 2). Il en résulte que, si l'on forme le commutateur $C_{n+1}(X_1, \ldots, X_{n+1})$ calculé au moyen de la loi de groupe (f_i) pour des « points génériques » X_j, les coordonnées de ce commutateur sont des polynomes en les coordonnées des X_j, dont les coefficients appartiennent à A_0 et sont *nilpotents* (lemmes 1 et 2). D'où la deuxième partie du théorème. Soit maintenant B le sous-anneau (non unitaire) de A_0 engendré par les coefficients du commutateur $C_{n+1}(X_1, \ldots, X_{n+1})$; B est un anneau *nilpotent*; soit r un entier tel que $B^r = (O)$. Alors, par récurrence sur h, on voit que $C_{hn+1}(X_1, \ldots, X_{hn+1})$, où les X_j sont des « points génériques indépendants », a ses coefficients dans B^h, ce qui montre que (f_i) est une loi de groupe nilpotente de classe $\leq rn$ (remarquer qu'un commutateur composé est égal à l'élément neutre dès que l'un de ses arguments est égal à l'élément neutre).

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Quelques groupes libres de matrices.* Note (*) de M. **Joël Lee Brenner**, présentée par M. Jacques Hadamard.

Cette Note se lie avec un travail de I. N. Sanov ([1]); celui-ci définit un groupe libre de matrices (avec deux générateurs) dont les éléments sont des nombres entiers. Alors son groupe peut être considéré comme sous-groupe du groupe unimodulaire. En utilisant des raisonnements semblables, on peut montrer que le groupe engendré par les matrices

$$A = \begin{pmatrix} 1, & m \\ 0, & 1 \end{pmatrix} \quad \text{et} \quad B = \begin{pmatrix} 1, & 0 \\ m, & 1 \end{pmatrix}$$

est encore un groupe libre (avec deux générateurs) si l'on à $m \geq 2$. Toutes les matrices de ce groupe ont naturellement la forme-type

$$(1) \qquad \begin{pmatrix} 1 + k_{11} m^2, & k_{12} m \\ k_{21} m, & 1 + k_{22} m^2 \end{pmatrix}$$

(*) Séance du 7 novembre 1955.

([1]) *Une propriété d'une représentation d'un groupe libre.* (*Doklady Akad. Nauk.*, *SSSR* (N. S.), 57, 1957, p. 657-649, [MR 9, 1948, p. 224].

et leur déterminant vaut 1. Si m est égal à 2 (cas de Sanov), on sait qu'inversement toute matrice de cette forme-type et avec déterminant 1 est élément du groupe. Quand $m > 2$, cela ne reste plus vrai; mais on sait dans ce cas quels sont les éléments du groupe.

Si m valait 1, le groupe engendré par A et B serait comme on le sait, le groupe unimodulaire entier; les relations entre les générateurs de ce groupe sont bien connues. En effet, on peut montrer que, pour une infinité de valeurs de m entre 0 et 2, le groupe engendré par A et B n'est pas un groupe libre. Peut-être existe-t-il une valeur ($m = 3/2$?) algébrique de m entre 0 et 2 pour laquelle le groupe est un groupe libre; je l'ignore.

THÉORÈME 1. — *Il n'y a pas de produit (non-vide)* $B^i A^j B^k \ldots$, *dans lequel tous les exposants sont non-nuls, qui soit égal à l'identité* ($m \geq 2$).

On désigne la première ligne

$$\begin{array}{rll} \text{de } A^j & \text{par} & (a_{11}^{(1)}, a_{12}^{(2)}); \\ \text{de } A^j B^k & \text{par} & (a_{11}^{(2)}, a_{12}^{(2)}); \\ \text{de } A^j B^k A^r & \text{par} & \text{etc.,} \end{array}$$

l'indice supérieur étant égal au nombre de facteurs. Pour établir le théorème, il suffira d'établir le lemme qui suit $[f = 2^{-1} m + 2^{-1}\sqrt{(m^2 - 4)}]$.

1° Si i est impair ($i > 1$), alors $|a_{12}^{(i)}| > f|a_{11}^{(i)}| = f|a_{11}^{(i-1)}|$.

2° Si i est pair, alors $|a_{11}^{(i)}| > f|a_{12}^{(i)}| = f|a_{12}^{(i-1)}|$.

Par conséquent, l'on a $|a_{11}^{(i)}| > f^2|a_{11}^{(i-2)}|$ (i pair); $|a_{12}^{(i)}| > f^2|a_{12}^{(i-2)}|$ (i impair, $i > 1$). La preuve se fait sans aucune difficulté par induction.

A partir de ce lemme on peut vérifier non seulement le théorème, mais aussi par exemple le fait qu'aucun produit de puissances de A et B n'est égal à la matrice

$$\begin{pmatrix} 1 - m^2, & m^2 \\ -m^2, & 1 + m^2 \end{pmatrix}$$

au cas où $m > 2{,}05$. Ce fait ne reste pas vrai pour $m = 2$.

Le théorème suivant explique quelles sont les matrices qui se représentent comme produits de puissances des matrices A et B.

THÉORÈME 2. — *Les conditions nécessaires et suffisantes pour que la matrice* (a_{ij}) *puisse s'exprimer comme produit de puissances de* A *et* B *sont* 1° *qu'elle soit de la forme-type* (1), 2° *qu'elle ait un déterminant égal à* 1, *et* 3° *que le rapport* $|a_{11}/a_{12}|$ *ne soit pas compris entre* f *et* f^{-1}.

Ce théorème se démontre comme suit. Étant donné la matrice (a_{ij}), faisons l'hypothèse $|a_{11}| > f|a_{12}|$. Si l'on multiplie à droite par B^t, on obtient une matrice nouvelle, avec comme première ligne $(a_{11} + tma_{12}, a_{12})$. On voit que, par un choix convenable de t, on peut faire que $|a_{11} + tma_{12}| < |a_{11}|$. Or, si l'on a $|a_{11}| \geq m|a_{12}|$, c'est clair; et si $|a_{11}| < m|a_{12}|$, on a par hypothèse, $(m - 1)|a_{12}| < |a_{11}| < m|a_{12}|$, d'où l'on tire soit $|a_{11} - ma_{12}| < |a_{12}|$, soit

$|a_{11}+ma_{12}|<|a_{12}|$. Ce fait établit la possibilité de descendre jusqu'à l'identité par un nombre fini de multiplications à droite par des puissances de B et de A. En effet, on peut prouver qu'une telle multiplication conserve l'hypothèse : « $f^{-1}|a_{12}|<|a_{11}|<f|a_{12}|$. »

Les lemmes de cette Note seront utiles pour trouver les sous-groupes normaux du groupe unimodulaire. Ce travail sera publié ailleurs.

En utilisant un raisonnement semblable mais un peu plus compliqué, on peut démontrer que le groupe engendré par les matrices C, C* est aussi un groupe libre. Par définition

$$C=\begin{pmatrix} a, & b \\ c, & a \end{pmatrix}$$

où

$$a^2-bc=1, \qquad c>wa>w^2b, \qquad w>1+2^{\frac{1}{2}}, \qquad a>1+2^{-\frac{1}{2}}.$$

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Un théorème d'unicité relatif à la théorie des fonctions méromorphes.* Note (*) de M. **King-Lai Hiong**, présentée par M. Paul Montel.

Une inégalité fondamentale est établie et l'on démontre en particulier qu'une fonction méromorphe $f(x)$ privée de zéro et admettant l'infini comme valeur déficiente à défaut 1 est déterminée à une constante additive près par ses pôles et les trois ensembles des points où $f^{(k)}(x)=b_\nu(\nu=1, 2, 3;$ et $b_\nu\neq 0)$ sans tenir compte des ordres de multiplicité des pôles et de ces points.

1. On sait qu'une fonction méromorphe (dans tout le plan) $f(x)$ est déterminée par les cinq ensembles des points où $f(x)=a_\mu(\mu=1, \ldots, 5)$, chaque point étant compté une seule fois et, elle est, *en général*, déterminée par trois ensembles, si les points sont comptés avec leurs ordres de multiplicité. Dans le cas où f admet deux valeurs lacunaires, même quatre ensembles avec les ordres de multiplicité des points ne la déterminent pas complètement ([1]). Pour un cas comprenant ce dernier et en faisant intervenir $f^{(k)}$, nous obtenons un résultat sans avoir égard aux ordres de multiplicité des points considérés.

2. Nous commençons par établir une inégalité fondamentale qui étend celle de M. R. Nevanlinna en introduisant des indices de densité relatifs à $f^{(k)}$. Elle diffère de celle due à M. Milloux pour la première fois dans cet ordre d'idées ([2]), laquelle n'est pas susceptible de l'application dont il s'agit ici.

(*) Séance du 28 novembre 1955.

([1]) *Voir*, par exemple, R. Nevanlinna, *Théorème de Picard-Borel*, Paris, 1929; et P. Montel, *Leçons sur les fonctions entières ou méromorphes*, Paris, 1932.

([2]) Milloux, *Ann. Éc. Norm. Sup.*, (3), 63, fasc. 4, p. 289.

Nous trouvons d'abord une inégalité de la forme

$$(1)\qquad qT(r,f) < \overline{N}(r,f) + qN\left(\frac{1}{f}\right) + \sum_{\nu=1}^{q} N\left(r, \frac{1}{f^{(k)} - b_\nu}\right) - \left[(q-1)N\left(r, \frac{1}{f^{(k)}}\right) + N\left(r, \frac{1}{f^{(k+1)}}\right)\right] + S_k(r).$$

En la combinant avec celle de M. R. Nevanlinna, nous parvenons au résultat :

THÉORÈME I. — *Étant donné une fonction méromorphe $f(x)$, soient $a_\mu(\mu = 1, \ldots, p)$ et $b_\nu(\nu = 1, \ldots, q)$ deux groupes de nombres finis et non nuls qui sont distincts entre eux dans chaque groupe. En supposant que $f(0) \neq 0$, ∞, a_μ; $f'(0) \neq 0$; $f^{(k)}(0) \neq 0$, b_ν; et $f^{(k+1)}(0) \neq 0$, on a pour $r < \rho$ l'inégalité*

$$(2)\qquad (p+q)T(r,f) < 2\overline{N}(r,f) + (q+1)N\left(r, \frac{1}{f}\right) + \sum_{\mu=1}^{p} N\left(r, \frac{1}{f - a_\mu}\right) + \sum_{\nu=1}^{q} N\left(r, \frac{1}{f^{(k)} - b_\nu}\right) - \left[N\left(r, \frac{1}{f'}\right) + (q-1)N\left(r, \frac{1}{f^{(k)}}\right) + N\left(r, \frac{1}{f^{(k+1)}}\right)\right] + S_k(r,f),$$

$S_k(r, f)$ jouissant des mêmes propriétés que le terme complémentaire de l'inégalité fondamentale de M. R. Nevanlinna.

COROLLAIRE. — *Dans les conditions du théorème I, si en outre f admet zéro comme valeur déficiente à défaut 1, on a l'inégalité*

$$(3)\qquad [p+q-o(1)]T(r,f) < \sum_{\mu=1}^{p+1} \overline{N}\left(r, \frac{1}{f - a_\mu}\right) + \sum_{\nu+1}^{q+1} \overline{N}\left(r, \frac{1}{f^{(k)} - b_\nu}\right) - (q-1)N\left(r, \frac{1}{f^{(k)}}\right) + S_k(r,f)$$

où $a_{p+1} = \infty$ et $b_{q+1} = \infty$.

3. Le corollaire précédent nous permet de démontrer un théorème sur les valeurs communes de deux fonctions méromorphes $f_1(x)$ et $f_2(x)$, qui est analogue à celui donné par M. R. Nevanlinna [3].

Nous désignons pour $f_1^{(k)}$ et $f_2^{(k)}$, par $N_0^{(k)}(r, b)$ et $N_{12}^{(k)}(r, b)$ les quantités analogues à celles que cet auteur désigne par $N_0(r, a)$ et $N_{12}(r, a)$ pour f_1 et f_2.

THÉORÈME II. — *Soient $f_1(x)$ et $f_2(x)$ deux fonctions méromorphes admettant zéro et l'infini comme valeurs déficientes de défaut 1 ; on suppose qu'elles ont les mêmes zéros avec les mêmes ordres de multiplicité et les mêmes pôles sans avoir égard à leurs ordres de multiplicité ; soient ensuite a_μ et b_ν des nombres définis comme dans le théorème I. Alors, si f_1 et f_2 ne sont pas identiques, on a l'inégalité*

$$(4)\qquad (p+q-4-o(1))\,[T(r,f_1) + T(r,f_2)] < \sum_{\mu=1}^{p+1} N_{12}(r, a_\mu) + \sum_{\nu=1}^{q+1} N_{12}^{(k)}(r, b_\nu) + O[\log(rT(r,f_1)\,T(r,f_2))],$$

---

(3) *Loc. cit.*, p. 108.

en excluant éventuellement, dans le cas où l'une des fonctions f_1 et f_2 est d'ordre infini, une suite d'intervalles extraordinaires dont la longueur totale est finie.

4. A partir du théorème II, il est aisé d'établir le suivant :

Théorème III. — *Soit $f(x)$ une fonction méromorphe privée de zéro et admettant l'infini comme valeur déficiente de défaut* 1. *On désigne par $\overline{E}(a)$ l'ensemble des points en lesquels f prend la valeur a et par $\overline{E}^{(k)}(b)$ l'ensemble des points en lesquels $f^{(k)}$ prend la valeur b, chaque point étant compté une seule fois* ([4]). *Si a_1, a_2, sont deux valeurs finies différentes de zéro et distinctes entre elles; et $b_1, b_2, \ldots, b_4$ quatre valeurs de même nature distinctes entre elles, alors, la fonction f est univoquement déterminée par $\overline{E}(\infty)$ et par soit cinq ensembles $\overline{E}(a_1)$ et $E^{(k)}(b_\nu)(\nu = 1, \ldots, 4)$ soit les cinq ensembles $\overline{E}(a_\mu)$ et $\overline{E}^{(k)}(b_\nu)$, $(\mu = 1, 2; \nu = 1, 2, 3)$.*

5. En utilisant l'inégalité (1) au lieu du corollaire, nous obtenons le

Théorème IV. — *Dans les conditions du théorème* III, *la fonction f est déterminée à une constante additive près par les quatre ensembles suivants* : $\overline{E}(\infty)$ et $\overline{E}^{(k)}(b_\nu)$ $(\nu = 1, 2, 3)$, *les b_ν étant trois valeurs distinctes finies et non nulles* ([5]).

Remarque. — Dans le cas où f s'annule, mais où la valeur o a le défaut 1, les théorèmes III et IV sont encore valables si on ajoute $E(0)$.

6. L'inégalité (1) fournit aussi, avec $k = 1$, un résultat assez simple dans le cas où l'infini est une valeur normale.

ESPACES ABSTRAITS. — *Espaces polynormés, duals des espaces localement convexes.* Note (*) de M. **Georges Marinescu**, transmise par M. Jean Leray.

Pour les duals des espaces localement convexes, on utilise d'habitude des topologies localement convexes. Nous introduisons une nouvelle structure imposée par les propriétés des fonctionnelles linéaires continues et qui nous semble plus maniable. La théorie des distributions peut être exposée d'une manière assez simple dans ce cadre.

1. Nous considérons la structure de l'espace localement convexe E, donnée par un ensemble de semi-normes, $\{|x|_\alpha\}_{\alpha \in A}$, satisfaisant aux conditions

a. Pour tout $x \in E$, il existe $\alpha \in A$ tel que $|x|_\alpha \neq 0$.

b. Si $\alpha \in A$ et $\beta \in A$, il existe $\gamma \in A$ tel que $|x|_\alpha \leq |x|_\gamma$, $|x|_\beta \leq |x|_\gamma$ pour tout $x \in E$.

Le dual de E est l'ensemble E^* des fonctionnelles linéaires x^* bornées au moins dans une semi-norme. Les expressions

$$(1) \qquad \|x^*\|_\alpha = \sup_{|x|_\alpha \leq 1} |\langle x, x^* \rangle|, \qquad \alpha \in A$$

([4]) Avec ordres de multiplicité, on utilise les notations $E(a)$ et $E^{(k)}(b)$.

([5]) *Voir* aussi un résultat de Gontcharoff concernant la détermination des fonctions d'ordre fini au moyen de $E(0)$, $E(\infty)$, $E'(0)$ et $E''(0)$ (*Comptes rendus*, 185, 1927, p. 1575).

(*) Séance du 21 novembre 1955.

où $\langle x, x^* \rangle = x^*(x)$, constituent un ensemble de *normes généralisées* (normes qui peuvent prendre la valeur $+\infty$) pour E^*, satisfaisant aux conditions

a^*. *Pour tout* $x^* \in E^*$, *il existe* $\alpha \in A$ *tel que* $\| x^* \|_\alpha < +\infty$.

b^*. *Si* $\alpha \in A$, $\beta \in A$, *il existe* $\gamma \in A$, *tel que* $\| x^* \|_\gamma \leqq \| x^* \|_\alpha$, $\| x^* \|_\gamma \leqq \| x^* \|_\beta$.

2. Un espace vectoriel quelconque E^* avec les propriétés ci-dessus sera appelé *espace polynormé*. Nous appelons dual de E^* l'espace E^{**} des fonctionnelles linéaires sur E^* bornées dans toutes les normes généralisées de E^*. Dans E^{**} on peut définir les semi-normes

$$(2) \qquad | x^{**} |_\alpha = \sup_{\| x^* \| \leqq 1} | \langle x^*, x^{**} \rangle | \qquad (\alpha \in A).$$

Si E^* est le dual de l'espace localement convexe E, alors E^{**} est un espace localement convexe contenant E.

3. Nous noterons par $\mathcal{L}(E)$ l'ensemble des opérateurs linéaires L dans E, tels que pour tout $\alpha \in A$, il existe $\alpha' \in A$ satisfaisant à la condition

$$(3) \qquad \| L \|_{(\alpha, \alpha')} = \sup_{| x |_{\alpha'} \leqq 1} | L(x) |_\alpha < \infty.$$

Par dualité, $\mathcal{L}(E^*)$ sera l'ensemble des opérateurs L^* dans E^*, tels que pour tout $\alpha \in A$ il existe $\alpha' \in A$ satisfaisant à la condition

$$(4) \qquad | L^* |_{(\alpha', \alpha)} = \sup_{\| x^* \|_\alpha \leqq 1} | L^*(x^*) |_{\alpha'} < \infty.$$

Si $L \in \mathcal{L}(E)$, nous appellerons transposé de L, l'opérateur $L^* \in \mathcal{L}(E^*)$ défini par

$$(5) \qquad \langle x, L^*(x^*) \rangle = \langle L(x), x^* \rangle.$$

Des inégalités

$$| \langle x, L^*(x^*) \rangle | = | \langle L(x), x^* \rangle | \leqq \| x^* \|_\alpha \, | Lx |_\alpha \leqq \| x^* \|_\alpha \, \| L \|_{(\alpha, \alpha')} \, | x |_{\alpha'},$$

on déduit successivement

$$\sup_{| x |_{\alpha'} \leqq 1} | \langle x, L^*(x^*) \rangle | \leqq \| x^* \| \, \| L \|_{(\alpha, \alpha')},$$

$$| L^*(x^*) |_{\alpha'} \leqq \| x^* \|_\alpha \, \| L \|_{(\alpha, \alpha')}$$

$$(6) \qquad | L^* |_{(\alpha', \alpha)} = \| L \|_{(\alpha, \alpha')}$$

4. Considérons maintenant l'équation transposée

$$(7) \qquad L^*(y^*) = x^*.$$

On a le

Théorème. — *Si l'opérateur* L *a un inverse continu défini sur* L(E), *l'équation* (7) *admet au moins une solution* $y^* \in E^*$.

Démonstration. — y^* est défini comme fonctionnelle linéaire continue (bornée dans une semi-norme) sur L(E) par

$$\langle L(x), y^* \rangle = \langle x, x^* \rangle$$

et l'on a

$$|\langle L(x), y^* \rangle| \leqq \| x^* \|_\alpha |x|_\alpha \leqq \| x^* \|_\alpha \| L^{-1} \|_{(\alpha,\alpha')} |L(x)|_{\alpha'}$$

d'où

(8) $$\| y^* \|_{\alpha'} \leqq \| x^* \|_\alpha \| L^{-1} \|_{(\alpha,\alpha')} \quad \text{sur } L(E).$$

En appliquant le théorème de Hahn-Banach, on peut prolonger y^* sur E, sans majorer au moins une des normes (8). Mais on peut prendre $\| x^* \|_\alpha < \infty$, donc $y^* \in E$.

5. La convergence dans E^* est la convergence dans une norme généralisée : nous disons que la suite $\{x_n^*\}$ converge vers $x^* \in E^*$ s'il existe $\alpha \in A$, tel que $\| x_n^* \|_\alpha < +\infty$ (au moins pour n assez grand) et $\| x_n^* - x^* \|_\alpha \to 0$ pour $n \to \infty$.

Cette convergence a été employée par M. Altman ([1]), sans introduire effectivement la structure d'espace polynormé, pour définir les opérateurs complétement continus dans E^*.

ANALYSE ABSTRAITE. — *Sur l'extension d'une mesure non archimédienne, simplement additive sur une tribu de Boole simplement additive, à une autre tribu, plus étendue. III. Extension de mesure.* Note (*) de M. **Otton Martin Nikodým**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

Les préliminaires exposés dans les deux Notes précédentes de l'auteur conduisent à la considération d'un espace linéaire composé d'êtres fonctionnoïdes et aussi d'une fonctionnelle linéaire dont les valeurs appartiennent à un corps algébrique linéairement ordonné. Généralisation du théorème de Hahn-Banach. Existence d'une extension de mesure non archimédienne, sur une tribu de Boole, à une autre plus étendue.

7. Nous reprenons les notions et les notations de deux Notes précédentes ([1]). Soit W l'espace linéaire de tous les $B\Phi$ — agrégats et W' celui de tous les $B'\Phi$ — agrégats. Définissons la fonctionnelle linéaire $f(x)$ aux valeurs prises de Φ : $f(x) = \Sigma_i \mu(a_i) \lambda_i$ pour $x \in W$, $x = \Sigma_i \lambda_i a_i$. On a $f(x) \leqq {}^*q(x)$. Nous allons employer le raisonnement suivant ([2]). Soit $X_0 \in W'$, $X_0 \overline{\in} W$ et soient, $x', x'' \in W$. On prouve que $f(x') -{}^*q(-x' - X_0) \leqq -f(x'') +{}^*q(x'' + X_0)$, ce qui donne

$$\Gamma^* = \mathcal{B}\mathcal{Q}\{-f(x) -{}^*q(-x' - X_0) \,|\, x \in W\} \leqq \mathcal{B}\mathcal{G}\{-f(x) + {}^*q(x + X_0) \,|\, x \in W\} = {}^*\Delta.$$

8. Admettons l'hypothèse supplémentaire : le corps (Φ) est complet dans le sens suivant : si $E \neq 0$, $F \neq 0$ sont des sous-ensembles de Φ, tels que $e \leqq f$ pour tout $e \in E$ et $f \in F$, alors il existe $\rho \in \Phi$ tel que $e \leqq \rho \leqq f$ pour tout $e \in E$

(1) *Studia Math.*, 13, 1953, p. 194-207.

(*) Séance du 21 novembre 1955.

(1) *Comptes rendus*, 241, 1955, p. 1544.

(2) S. Banach, *Teorja Operacyj.* Warszawa, 1931, p. 27-28 (en polonais).

et $f \in F$. Alors nous pouvons prouver, en appliquant un théorème ([3]) sur les chaînes et nombres ordinaux, qu'il existe $\rho \in \Phi$ tel que $\Gamma^* \leqq \rho \leqq^* \Delta$. En fixant ρ pour le moment, posons $\varphi(x + tX_0) = f(x) + \rho t$ pour tout $t \in \Phi$. C'est une fonctionnelle linéaire définie dans l'espace linéaire, engendré par W et X_0 et on a $\varphi(x + tX_0) \leqq^* q(x + tX_0)$. Le raisonnement semblable à celui de Banach ([2]) s'applique par l'induction transfinie et poursuit l'extension de $f(x)$ à tout espace W'. Les valeurs de la fonctionnelle étendue, admise pour les agrégats « caractéristiques », $1 . a' + 0 . \text{co}\, a'$, $a' \in B'$, constituent la mesure prolongée de μ. Le théorème établi est le suivant :

THÉORÈME. — *Si* 1° (Φ) *est un corps algébrique linéairement ordonné et complet dans le sens indiqué plus haut;* 2° (B') *est une tribu simplement additive;* 3° (B) *sa sous-tribu avec les mêmes* 0 *et* 1, 4° $\mu(a) \gtrless 0$ *une mesure simplement additive sur* (B) *avec les valeurs prises de* Φ, *alors il existe une mesure* $\mu'(a')$, *simplement additive sur* (B') *telle que* $\mu'(a') \in \Phi$, *et, pour tout* $a \in B$ *on a* $\mu'(a) = \mu(a)$.

9. La méthode des bouts permet de démontrer que chaque tribu abstraite, simplement additive admet une mesure (qui peut être non archimédienne), $\geqq 0$ et effective (c'est-à-dire ne s'annulant que sur le zéro de la tribu). La démonstration de ce théorème sera l'objet d'un travail ultérieur de l'auteur.

GÉOMÉTRIE DIFFÉRENTIELLE. — *Structure et classification des espaces homogènes symétriques à groupe d'isométries semi-simple.* Note de M. **Marcel Berger**, présentée par M. Joseph Pérès.

Suite d'une Note précédente ([1]). *a.* Si $\mathfrak{g}$ est une algèbre de Lie réelle semi-simple et $\mathfrak{h}$ la sous-algèbre des points fixes d'un automorphisme involutif de $\mathfrak{g}$, alors à tout groupe de Lie connexe d'algèbre de Lie $\mathfrak{g}$ correspond un espace homogène symétrique $M = G/H$; *b.* tout espace M est fibré, de base compacte symétrique de fibre R^n; *c.* fin de la classification des espaces M.

1. On a vu dans une Note précédente ([1]) qu'un espace *homogène symétrique* $M = G/H$ (c'est-à-dire tel que H soit le sous-groupe des points fixes d'un automorphisme involutif $\hat{\sigma}$ d'un groupe de Lie connexe G) définit une structure $\mathfrak{g}/\mathfrak{h}$ où $\mathfrak{g}$ et $\mathfrak{h}$ sont les algèbres de Lie de G et de H et $\mathfrak{h}$ la sous-algèbre des points fixes d'un automorphisme involutif σ de $\mathfrak{g}$; structure telle que, *lorsque* $\mathfrak{g}$ *est semi-simple,* σ *commute avec l'un des automorphismes involutifs* τ, *convenablement choisi, définissant* $\mathfrak{g}$ à partir de sa forme compacte $\mathfrak{g}_u$. Écrivons $\mathfrak{g}_u = \mathfrak{g}_1 + \mathfrak{g}_{-1}$, $\mathfrak{g} = \mathfrak{g}_1 + i\mathfrak{g}_{-1}$ où $\mathfrak{g}_1$ et $\mathfrak{g}_{-1}$ sont les sous-espaces de $\mathfrak{g}_u$ correspondant aux valeurs propres $+1$ et -1 de τ. On peut alors écrire, parce que σ et τ

([3]) Otton M. Nykodým et Stanislawa Nikodým, *Rendiconti dell' Accademia dei Lincei*, série VIII, 17, p. 334-339.

([1]) M. Berger, *Comptes rendus*, 240, 1955, p. 2370.

commutent : $\mathfrak{g}_1 = \mathfrak{g}_{11} + \mathfrak{g}_{1-1}$ et $\mathfrak{g}_{-1} = \mathfrak{g}_{-11} + \mathfrak{g}_{-1-1}$, les seconds indices correspondants aux valeurs propres ± 1 de σ. On aura alors : $\mathfrak{h} = \mathfrak{g}_{11} + i\mathfrak{g}_{-11}$.

2. *Réciproquement, à toute structure* $\mathfrak{g}/\mathfrak{h}$ *définie par un automorphisme involutif* σ *d'une algèbre de Lie semi-simple (réelle) et à tout groupe de Lie connexe* G, *d'algèbre de Lie* $\mathfrak{g}$, *correspond un automorphisme involutif* $\hat{\sigma}$ *de* G, *donc un espace homogène symétrique* $M = G/H$.

En effet, c'est évident pour le groupe simplement connexe $\widetilde{G}$; mais il est possible de passer au quotient de $\widetilde{G}$ par un sous-groupe de son centre, parce que ce centre appartient toujours à un compact maximal de $\widetilde{G}$ et que σ laisse invariant ce compact maximal [*cf.* aussi (²)].

3. Tous les espaces M ainsi obtenus ont des propriétés analogues à celles des groupes de Lie semi-simples (réels). En effet, pour une structure $\mathfrak{g}/\mathfrak{h}$ donnée, tous les espaces $M = G/H$ correspondants sont des revêtements de l'espace $M_a = G_a/H_a$ obtenu à partir du groupe adjoint G_a de $\mathfrak{g}$. M_a peut alors être identifié à la variété totalement géodésique de G engendrée par les $\exp(\mathfrak{g}_{1-1} + i\mathfrak{g}_{-1-1})$; dans M_a, les $\exp(\mathfrak{g}_{1-1})$ engendrent une variété totalement géodésique compacte P_a et les $\exp(i\mathfrak{g}_{-1-1})$ une variété totalement géodésique Q_a, homéomorphe à un R^n.

On en déduit que, *localement*, la métrique de M_a est le produit des métriques de P_a et de Q_a; cette conclusion subsiste pour un revêtement quelconque M de M_a. Du n° 1, on déduit que H est *self-adjoint* dans G au sens de (²), donc que, *lorsque* H *est connexe*, $M = G/H$ admet un *fibrage covariant* (²). D'où :

Tout espace homogène symétrique $M = G/H$, *où* G *est semi-simple, est, lorsque* H *est connexe, un espace fibré, de base* P, *de fibre* Q, *où* P (*resp.* Q) *est une variété totalement géodésique de* M, *compacte et à courbure positive* (*resp. homéomorphe à un* R^n). *Toutes les variétés* P *des diverses décompositions précédentes possibles se déduisent l'une de l'autre par une isométrie provenant du groupe adjoint* G_a *et sont isomorphes à l'espace homogène symétrique proprement riemannien* K/J, *où K* (*resp.* J) *désigne un compact maximal de* G (*resp.* H).

Remarque. — P (resp. Q) n'est pas, en général, un revêtement de P_a (resp. Q_a).

4. Pour terminer la classification des structures $\mathfrak{g}/\mathfrak{h}$ [faite seulement dans (¹) lorsque $\mathfrak{g}$ n'est pas une forme réelle d'une algèbre de type exceptionnel], on utilise les propriétés du n° 1. On y voit en effet que, pour qu'un automorphisme involutif σ de $\mathfrak{g}_u$ commute avec τ, *il faut* qu'il existe :

a. un automorphisme involutif $f(\sigma)$ de $\mathfrak{g}_1$, de points fixes $\mathfrak{g}_{11}$;

b. deux sous-algèbres de $\mathfrak{g}_u$: $\mathfrak{h}_u = \mathfrak{g}_{11} + \mathfrak{g}_{-11}$ (resp. $\mathfrak{h}'_u = \mathfrak{g}_{11} + \mathfrak{g}_{-1-1}$), qui soient les points fixes d'automorphismes involutifs de $\mathfrak{g}_u$(σ et $\sigma\tau$);

(²) G. D. Mostow, *Amer. J. of Math.*, 77, 1955, p. 247-277.

c. de nouveau, deux automorphismes involutifs de $\mathfrak{h}_u$ et $\mathfrak{h}'_u$, dont les sous-algèbres des points fixes soient toutes deux isomorphes à $\mathfrak{g}_{11}$;

d. que l'on ait entre leurs dimensions la relation

$$\dim(\mathfrak{h}_u) + \dim(\mathfrak{h}'_u) = 2\dim(\mathfrak{g}_{11}) + \dim(\mathfrak{g}) - \dim(\mathfrak{g}_{-1}).$$

Réciproquement, on montre que ces conditions, nécessaires *sont aussi* suffisantes *pour l'existence d'un σ commutant avec un τ donné; ce qui fournit une méthode très simple pour classer les différentes structures $\mathfrak{g}/\mathfrak{h}$ possibles.*

5. Les notations seront celles de (²) et les suivantes : $\mathbf{E}_6^1$ désignera l'algèbre de Lie réelle correspondant à l'espace proprement riemannien symétrique noté (E I) dans (³); et de même :

$\mathbf{E}_6^2$ pour (E II), $\mathbf{E}_6^3$ pour (E III), $\mathbf{E}_6^4$ pour (E IV), $\mathbf{E}_7^1$ pour (E V),
$\mathbf{E}_7^2$ pour (E VI), $\mathbf{E}_7^3$ pour (E VII), $\mathbf{E}_8^1$ pour (E VIII), $\mathbf{E}_8^2$ pour (E IX),
$\mathbf{F}_4^1$ pour (F I), $\mathbf{F}_4^2$ pour (F II), $\mathbf{G}_2^*$ pour (G).

On obtient alors les différentes structures suivantes $\mathfrak{g}/\mathfrak{h}$, irréductibles ou non :

Algèbres $\mathfrak{g}$.	Sous-algèbres $\mathfrak{h}$.
$\mathbf{G}_2^*$	$\mathbf{SL}(2, R) + \mathbf{SL}(2, R)$.
$\mathbf{F}_4^1$	$\mathbf{Sp}^1(3) + \mathbf{SU}(2)$, $\mathbf{Sp}^*(3) + \mathbf{SL}(2, R)$, $\mathbf{SO}^4(9)$.
$\mathbf{F}_4^2$	$\mathbf{Sp}^1(3) + \mathbf{SU}(2)$, $\mathbf{SO}^1(9)$.
$\mathbf{E}_6^1$	$\mathbf{Sp}^2(4)$, $\mathbf{Sp}^*(4)$, $\mathbf{SL}(6, R) + \mathbf{SL}(2, R)$, $\mathbf{SU}^*(6) + \mathbf{SU}(2)$, $\mathbf{SO}^5(10) + \mathbf{R}$, $\mathbf{F}_4^1$,
$\mathbf{E}_6^2$	$\mathbf{Sp}^1(4)$, $\mathbf{Sp}^*(4)$, $\mathbf{SU}^2(6) + \mathbf{SU}(2)$, $\mathbf{SU}^3(6) + \mathbf{SL}(2, R)$, $\mathbf{SL}(6, R) + \mathbf{SU}(2)$, $\mathbf{SO}^4(10) + \mathbf{T}^1$, $\mathbf{SO}^*(10) + \mathbf{T}^1$, $\mathbf{F}_4^1$.
$\mathbf{E}_6^3$	$\mathbf{Sp}^2(4)$, $\mathbf{SU}^1(6) + \mathbf{SL}(2, R)$, $\mathbf{SU}^2(6) + \mathbf{SU}(2)$, $\mathbf{SO}^2(10) + \mathbf{T}^1$, $\mathbf{SO}^*(10) + \mathbf{T}^1$, $\mathbf{F}_4^2$.
$\mathbf{E}_6^4$	$\mathbf{Sp}^1(4)$, $\mathbf{SU}^*(6) + \mathbf{SU}(2)$, $\mathbf{SO}^1(10) + \mathbf{R}$, $\mathbf{F}_4^2$.
$\mathbf{E}_7^1$	$\mathbf{SU}^4(8)$, $\mathbf{SL}(8, R)$, $\mathbf{SU}^*(8)$, $\mathbf{SO}^6(12) + \mathbf{SL}(2, R)$, $\mathbf{SO}^*(12) + \mathbf{SU}(2)$, $\mathbf{E}_6^1 + \mathbf{R}$, $\mathbf{E}_6^2 + \mathbf{T}^1$.
$\mathbf{E}_7^2$	$\mathbf{SU}^2(8)$, $\mathbf{SU}^4(8)$, $\mathbf{SO}^4(12) + \mathbf{SU}(2)$, $\mathbf{SO}^*(12) + \mathbf{SL}(2, R)$, $\mathbf{E}_6^2 + \mathbf{T}^1$, $\mathbf{E}_6^3 + \mathbf{T}^1$.
$\mathbf{E}_7^3$	$\mathbf{SU}^2(8)$, $\mathbf{SU}^*(8)$, $\mathbf{SO}^2(12) + \mathbf{SL}(2, R)$, $\mathbf{SO}^*(12) + \mathbf{SU}(2)$, $\mathbf{E}_6^3 + \mathbf{T}^1$, $\mathbf{E}_6^4 + \mathbf{R}$.
$\mathbf{E}_8^1$	$\mathbf{SO}^8(16)$, $\mathbf{SO}^*(16)$, $\mathbf{E}_7^1 + \mathbf{SL}(2, R)$, $\mathbf{E}_7^2 + \mathbf{SU}(2)$.
$\mathbf{E}_8^2$	$\mathbf{SO}^4(16)$, $\mathbf{SO}^*(16)$, $\mathbf{E}_7^2 + \mathbf{SL}(2, R)$, $\mathbf{E}_7^3 + \mathbf{SL}(2, R)$.

(²) M. Berger, *Thèse*, à paraître au *Bull. Soc. Math. de France*, 83, 1955.

(³) E. Cartan, *Bull. Soc. Math. Fr.*, 55, 1927, p. 131-132.

CALCUL NUMÉRIQUE. — *Généralisation d'un procédé d'intégration pratique des équations aux dérivées partielles. Application à la diffusion de la matière ou de la chaleur.* Note de M. **Pierre Vernotte**, présentée par M. Henri Villat.

Pratiquement, si l'on veut pousser jusqu'au calcul et à la discussion numériques l'intégration d'une équation aux dérivées partielles à deux variables x et t, le meilleur procédé est ordinairement de chercher la solution comme fonction, définie alors par une équation simplement différentielle, du seul argument $u = xt^{-m}$. Nous avons indiqué dans une Note ancienne ([1]) à quel critère en reconnaître la possibilité (donnant même le moyen de développer formellement la solution par des expressions analogues lorsque le critère n'est pas vérifié). Appliquons à l'équation de la diffusion, l'inconnue étant la concentration c, dépendant du coefficient de diffusion D par l'équation

$$\frac{\partial}{\partial x}\left(\mathrm{D}\frac{\partial c}{\partial x}\right) = \frac{\partial c}{\partial t}. \tag{1}$$

Que D soit constant ou dépende de la concentration, on peut chercher D comme fonction de u, u valant $xt^{-1/2}$. Mais la solution ne s'applique plus si D dépend aussi, un peu, de la coordonnée x et du temps t, ou du gradient de concentration. Si, dans l'expression de D, x, t, $\partial c/\partial x$, figurent dans un terme correctif monome, on trouve, en faisant jouer l'argument u, que cela peut toujours se ramener à une formule du type, α étant un nombre petit :

$$\mathrm{D} = \mathrm{F}(c) + \alpha \mathrm{G}(c) x^n. \tag{2}$$

Nous allons montrer qu'on peut alors obtenir la solution c sous la forme d'une fonction $\gamma(u, t)$ dépendant explicitement non seulement de u, mais aussi un peu de t (ε étant un nombre petit), par la formule

$$c = \gamma(u, t) = f(u) + \varepsilon g(u) \varphi(t). \tag{3}$$

Comme c dépend de t à la fois par les deux arguments u et t, il faut, pour exprimer la dérivée $\partial c/\partial t$, en utilisant γ, user d'une notation spéciale que nous dirons « dérivée effective » de γ par rapport à t

$$\frac{\partial c}{\partial t} = \frac{\partial^\star \gamma}{\partial^\star t} = \frac{\partial \gamma}{\partial u}\frac{\partial u}{\partial t} + \frac{\partial \gamma}{\partial t}. \tag{4}$$

Le problème n'est pas l'intégration en $c(x, t)$, car la loi du coefficient D est inconnue *a priori* et c'est justement elle qu'on se propose de calculer.

Physiquement, la condition aux limites est le relevé expérimental (3), et l'intégration consiste à calculer la fonction D sous la forme (2).

([1]) *Comptes rendus*, 210, 1940, p. 42.

Substituons les diverses expressions dans l'équation (1), et tenons compte de la petitesse de α et de ε en n'en conservant que les puissances premières et négligeant leur produit.

Nous obtenons ainsi l'équation ci-dessous où, pour alléger l'écriture, nous n'avons pas fait figurer l'argument u dans les fonctions qui le contiennent.

$$(5)\quad \frac{d}{du}[F(f)f'] + \frac{1}{2}uf' = \alpha\frac{d}{du}[G(f)f'u^n]t^{\frac{n}{2}} + \varepsilon g\, t\varphi'(t) - \varepsilon\left\{u\frac{g'}{2} + \frac{d^2}{du^2}[gF(f)]\right\}\varphi(t).$$

Le premier membre ne contenant explicitement que l'argument u, il faut que t disparaisse du second, ce qui est obtenu en donnant à $\varphi(t)$ la forme $t^{\frac{n}{2}}$ et annulant alors les deux membres. D'où les conditions :

$$(6)\quad \begin{cases} \dfrac{d}{du}[F(f)f'] + \dfrac{1}{2}uf' = 0, \\ \alpha\dfrac{d}{du}[G(f)f'u^n] + \varepsilon\left\{\dfrac{ng}{2} - \dfrac{ug'}{2} - \dfrac{d^2}{du^2}[gF(f)]\right\} = 0; \end{cases}$$

$\varphi(t)$ étant imposé par la théorie, si, par extraordinaire, la loi expérimentale (3) ne s'y prêtait pas, ce serait que la loi (2) ne serait pas suffisante. La fonction f et la fonction petite εg sont données par l'expérience. F est connue par une quadrature, à partir de la première équation (6), et la fonction petite αG est donnée, par une autre quadrature portant sur la deuxième équation (6), à partir de la fonction petite εg.

MÉCANIQUE. — *Sur une théorie de la viscoélasticité de la matière.* Note de M. **André Sentis**, présentée par M. Henri Villat.

Cette Note est une *application* d'une Note précédente [1]. Elle est consacrée à l'étude du mouvement s'effectuant par front plan au sein d'un massif indéfini

$$u = u(x, t), \qquad v \equiv 0, \qquad w \equiv 0.$$

Le problème revient à déterminer une solution de l'équation

$$\tau\frac{\partial^3 u}{\partial x^2 \partial t} + \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} - \frac{\rho}{\lambda + 2\mu}\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = 0$$

qui satisfasse aux conditions aux limites. On peut trouver une famille de solutions du type $u(x, t) = f(t)g(x)$:

$$u = \left(u_0 \exp\frac{x}{cT} + u_1 \exp\frac{-x}{cT}\right)\exp\frac{t}{T} + u_2 x + u_3,$$

---

[1] A. Sentis, *Comptes rendus*, 241, 1955, p. 729.

u_0, u_1, u_2, u_3 étant des coefficients réels, T et c des coefficients complexes

$$\frac{1}{T}=\frac{1}{T_0}+i\frac{1}{T_1},\qquad \frac{1}{c}=\frac{1}{c_0}+i\frac{1}{c_1}$$

liés par la condition

$$(\lambda+2\mu)\left(1+\frac{\tau}{T}\right)=\rho c^2.$$

La partie réelle de u (qui n'est pas une solution), s'écrit

$$u=\left\{u_0\cos\left[\frac{t}{T_1}+x\left(\frac{1}{c_0T_1}+\frac{1}{c_1T_0}\right)\right]\exp x\left(\frac{1}{c_0T_0}-\frac{1}{c_1T_1}\right)\right.$$
$$\left.+u_1\cos\left[\frac{t}{T_1}-x\left(\frac{1}{c_0T_1}+\frac{1}{c_1T_0}\right)\right]\exp(-x)\left(\frac{1}{c_0T_0}-\frac{1}{c_1T_1}\right)\right\}\exp\frac{t}{T_0}+u_2x+u_3$$

Cas particuliers, susceptibles d'une interprétation expérimentale :

(A) T réel et négatif $=T=-T_0$, c réel et positif : $c=c_0$,

$$u=u_0\exp\left(-\frac{t}{T_0}-\frac{x}{c_0T_0}\right),\qquad \text{avec}\qquad (\lambda+2\mu)\left(1-\frac{\tau}{T_0}\right)=c_0^2\rho.$$

La seule contrainte non nulle est

$$N_1=-\frac{\rho c_0}{T_0}u.$$

C'est le cas d'une éprouvette semi-indéfinie (dont les dimensions transversales sont assez grandes pour que l'hypothèse du front plan soit admissible), à la face de laquelle on imprime, à l'instant $t=0$, un déplacement u_0 avec une vitesse initiale :

$$v_0=\left(\frac{\partial u}{\partial t}\right)_0=-\frac{u_0}{T_0}.$$

La compression $N_1=\rho c_0 v_0\exp(-t/T_0-x/cT_0)$ s'amortit dans l'espace et le temps. C'est le phénomène de l'élasticité différée.

La pression initialement appliquée étant $p_0=\rho c_0 v_0$, on doit pouvoir mesurer τ à l'aide de la relation

$$\tau=\left|\frac{u_0}{v_0}\right|\left[1-\frac{p_0^2}{v_0^2\rho(\lambda+2\mu)}\right].$$

(B)
$$u=u_0\exp\left(-\frac{t}{T_0}+\frac{x}{c_0T_0}\right)$$

correspond à une traction initiale.

(C)
$$\begin{cases} u=u_2x+u_3\left[1-\exp\left(-\dfrac{t}{T_0}-\dfrac{x}{c_0T_0}\right)\right],\\ N_1=\rho c_0^2u_2+\rho c_0\dfrac{1}{T_0}u_3\exp\left(-\dfrac{t}{T_0}-\dfrac{x}{c_0T_0}\right).\end{cases}$$

Le déplacement de la face origine $x = 0$ tend vers u_3. C'est le phénomène de fluage sous traction constante à l'infini $\rho c_0^2 u_2$.

(D) T réel est positif $= T = T_0$, avec $c = c_0$ réel :

$$u = \left(u_0 \exp \frac{x}{c_0 T_0} + u_1 \exp \frac{-x}{c_0 T_0}\right) \exp \frac{t}{T_0} + u_2 x + u_3,$$

avec

$$(\lambda + 2\mu)\left(1 + \frac{\tau}{T_0}\right) = c_0^2 \rho$$

interprète les phénomènes préliminaires à la rupture.

(E) $1/T$ complexe, à partie réelle négative $-1/T_0$ avec $c_1/T_0 + c_0/T_1 = 0$,

$$u_2 = 2 u_0 \exp\left(-\frac{t}{T_0}\right) \cos \frac{t}{T_1} \cos\left(\frac{x}{c_0 T_1} \frac{2 T_0}{2 T_0 - \tau}\right),$$

avec

$$T_1^2 = \frac{T_0^2 \tau}{2 T_0 - \tau}, \qquad c_0^2 = \frac{2 T_0}{2 T_0 - \tau} \frac{\lambda + 2\mu}{\rho}.$$

C'est le cas d'une éprouvette vibrant par ondes longitudinales stationnaires, avec frottement interne. Une autre méthode pour mesurer τ doit résulter de

$$\tau = 2 \frac{T_0 T_1^2}{T_0^2 + T_1^2}.$$

Remarque. — $\overline{D}(t + \tau)$ équivalant à $\overline{\overline{D}}$, si on se limite aux deux premiers termes de son développement, l'hypothèse faite exprime qu'une sollicitation n'entraîne une déformation élastique que dans le délai τ. C'est pourquoi τ pourrait s'appeler *temps de réponse* de la matière (²).

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Étude sur modèle réduit de l'agitation des eaux portuaires sous l'action de la houle.* Note de MM. **Achyut Apté** et **Clovis Marcou**, transmise par M. Joseph Pérès.

Plusieurs travaux récents (¹) ont été consacrés au problème de l'agitation des eaux d'un bassin portuaire de forme rectangulaire, à profondeur constante h,

(²) *Cf.* Marin et Cuff, *Amer. Assoc. for. Testing Materials*, 49, p. 1148; Marin et Yoh-Han-Pao, *A. A. T. M.*, 51, p. 1277 et 52, p. 951.

(¹) John S. Mc Nown, *Publ. scient. et tech. Minist. Air*, n° 278, Paris, 1953, p. 1-47; J. Kravtchenko et John S. Mc Nown, *Quart. Appl. Math.*, 13, 1955, fasc. 1, p. 19-26; A. Apté et C. Marcou, *Proc. of the fifth conference on Coastal Engineering*, Grenoble, 1954; *Publication of the Council on Wave Research*, Engineering field station University of California, 1955, p. 85-93; A. Apté, *Recherches théoriques et expérimentales sur les mouvements des liquides avec surface libre* (*Thèse de doctorat*, Grenoble, 1955) (sous presse).

Les références aux Mémoires seront notées dans le texte dans l'ordre M, K, M, A. M et A.

provoquée par la houle plane, sinusoïdale, simple de Stokes, venant du large; connaissant l'amplitude et la période T de celle-ci, il s'agit de déterminer l'amplitude des oscillations linéaires de la surface libre du liquide en tout point du bassin portuaire. Il suffit, d'ailleurs, de déterminer ces amplitudes à la périphérie de l'ouvrage pour en fixer la valeur à l'intérieur.

Au point de vue théorique, ce problème est résolu, en première approximation dans M. et K. M., en partant de la règle empirique du clapotis de Mc Nown. Dans le cas particulier qu'on va décrire, Apté a donné une solution rigoureuse sous forme de séries (*cf.* A). Nous nous proposons de décrire les essais entrepris aux Laboratoires de Mécanique des fluides de Grenoble en vue de contrôler expérimentalement les prévisions théoriques de M. et K. M. et A. Le dispositif utilisé est décrit dans A. M.; rappelons-en les caractéristiques essentielles. Largeur du bassin, $a = 3{,}4$ m; longueur, $b = 3$ m. Le canal à houle, large de 0,5 m, long de 18 m, débouche directement dans le port; l'axe du canal est parallèle à l'axe longitudinal du bassin et décalé de 0,2 m par rapport à celui-ci. Selon la remarque de M. Larras, qui accroît l'intérêt de l'étude, on a là le schéma suffisamment proche de la réalité, d'un bassin communiquant avec la mer par un chenal de grande longueur par rapport à a et b.

Nous avons opéré avec $h = 0{,}3$ m et $0{,}80\,\text{s} < T < 1{,}5\,\text{s}$.

La période T était calculée par comptage de 100 révolutions du batteur; dans ces conditions, la valeur moyenne obtenue pour T était connue à 0,0002 s près et s'est effectivement révélée constante à cette précision lorsque la mesure à été répétée. Nous avons, malheureusement, quelques raisons de croire que la valeur instantanée de T a, par suite des variations de tension du réseau, subi des fluctuations supérieures à cette limite.

Rappelons que la période propre $T_{m,n}$ du bassin, supposé fermé, est donnée par la formule classique :

$$\left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 = g k_{m,n} \operatorname{th}(k_{m,n} h), \qquad \text{avec} \quad k_{m,n}^2 = \pi^2\left(\frac{m^2}{a^2} + \frac{n^2}{b^2}\right)$$

où m et n sont des entiers qui donnent le nombre de nœuds d'oscillations suivant les côtés du bassin, et g l'accélération de la pesanteur. Nous avons continué à appeler mouvements résonnants pour le port ouvert, ceux pour lesquels $T = T_{m,n}$ et qui ne seraient résonnants en toute rigueur que pour le port fermé et nous avons réservé l'appellation mouvements non résonnants à ceux pour lesquels $T \neq T_{m,n}$.

Les amplitudes des oscillations ont été mesurées avec un réglet le long des quais et une pointe dans l'entrée. Les cotes supérieures ont été appréciées à 0,5 mm près, les inférieures à 1 mm près. Cette précision a été suffisante, eu égard à la régularité du phénomène.

Les calculs de A. se sont trouvés en excellent accord avec l'expérience pour

les périodes supérieures à 0,83 s, si l'on excepte quelques rares bandes de périodes, sur lesquelles nous reviendrons ultérieurement.

La réaction du port sur le canal se limite pratiquement à une réflexion pure de la houle incidente dès qu'on s'éloigne de 0,4 m de l'entrée du port, ainsi que le fait prévoir la théorie.

Sur les figures ci-dessous, les hauteurs ont été relevées le long des différents quais et les résultats des mesures sont représentés par de petits cercles, les courbes continues correspondent aux résultats théoriques.

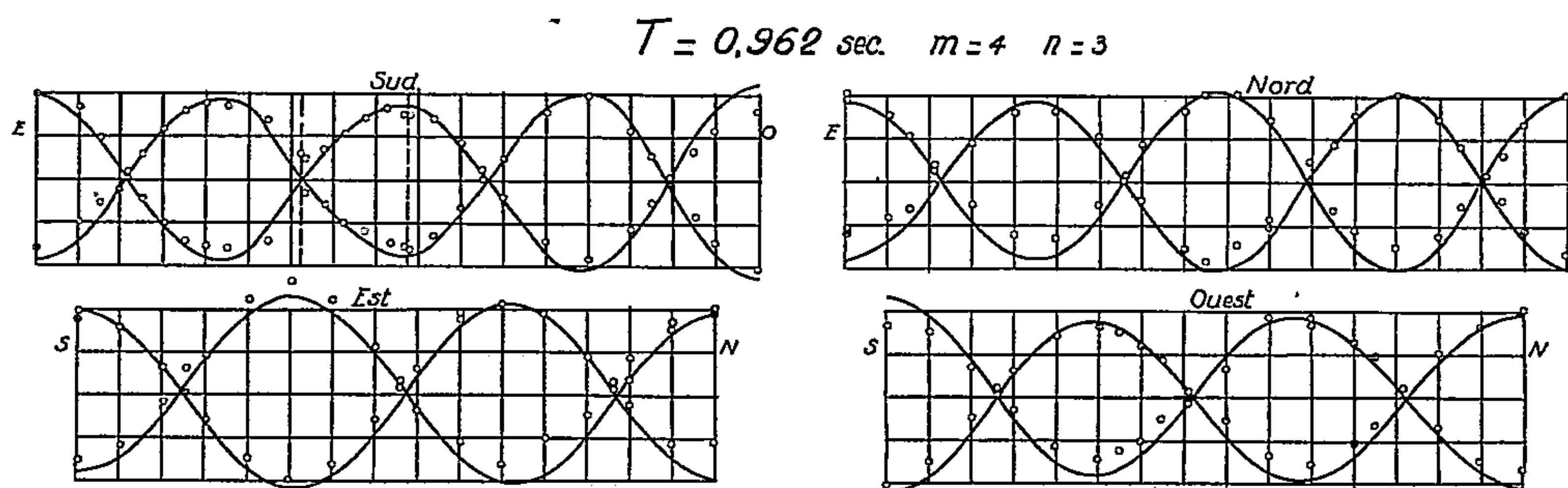


Fig. 1.

La figure 1 est relative à la période résonnante T = 0,962 s correspondant à $m = 4$, $n = 3$. On observe un accord remarquable en particulier pour le profil dans la passe sur le quai Sud ainsi que pour l'inégalité des ventres, prévue par la théorie et conséquence du fait que le mouvement n'est pas strictement résonnant.

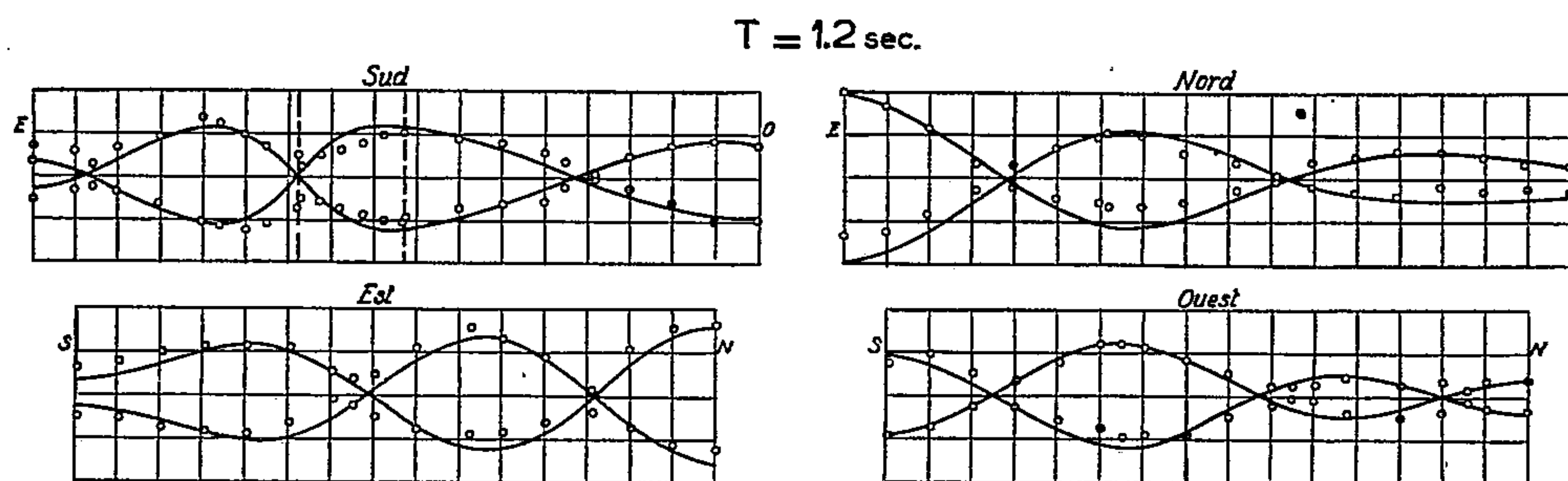


Fig. 2.

La figure 2 est relative à une période non résonnante T = 1,2 s. On peut penser que l'accord est encore satisfaisant eu égard à la forme assez compliquée du profil de la surface libre.

Sur les deux figures, on doit noter que les minima expérimentaux sont en général supérieurs aux prévisions. Il y a là un phénomène qu'il conviendrait d'approfondir.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Étude des tourbillons de recirculation engendrés par un jet plan en espace confiné.* Note de M. **Roger Curtet**, transmise par M. Joseph Pérès.

La théorie approchée des jets en espace confiné, développée par M. A. Craya et l'auteur ([1]), permet de prévoir, en bon accord avec l'expérience, l'apparition de tourbillons de recirculation pour certains régimes de fonctionnement d'un éjecteur plan.

La théorie approchée a conduit à un système différentiel qui a été intégré dans le cas d'un tuyau de hauteur constante et d'une épaisseur nulle de la couche limite à la paroi ([2]), d'où le réseau des courbes $R = f(m, \xi)$ représenté sur la figure 1. Une comparaison antérieure entre la théorie et l'expérience a été effectuée pour des valeurs positives de u_1 ([2]); étudions maintenant le comportement du jet lorsque u_1 s'annule.

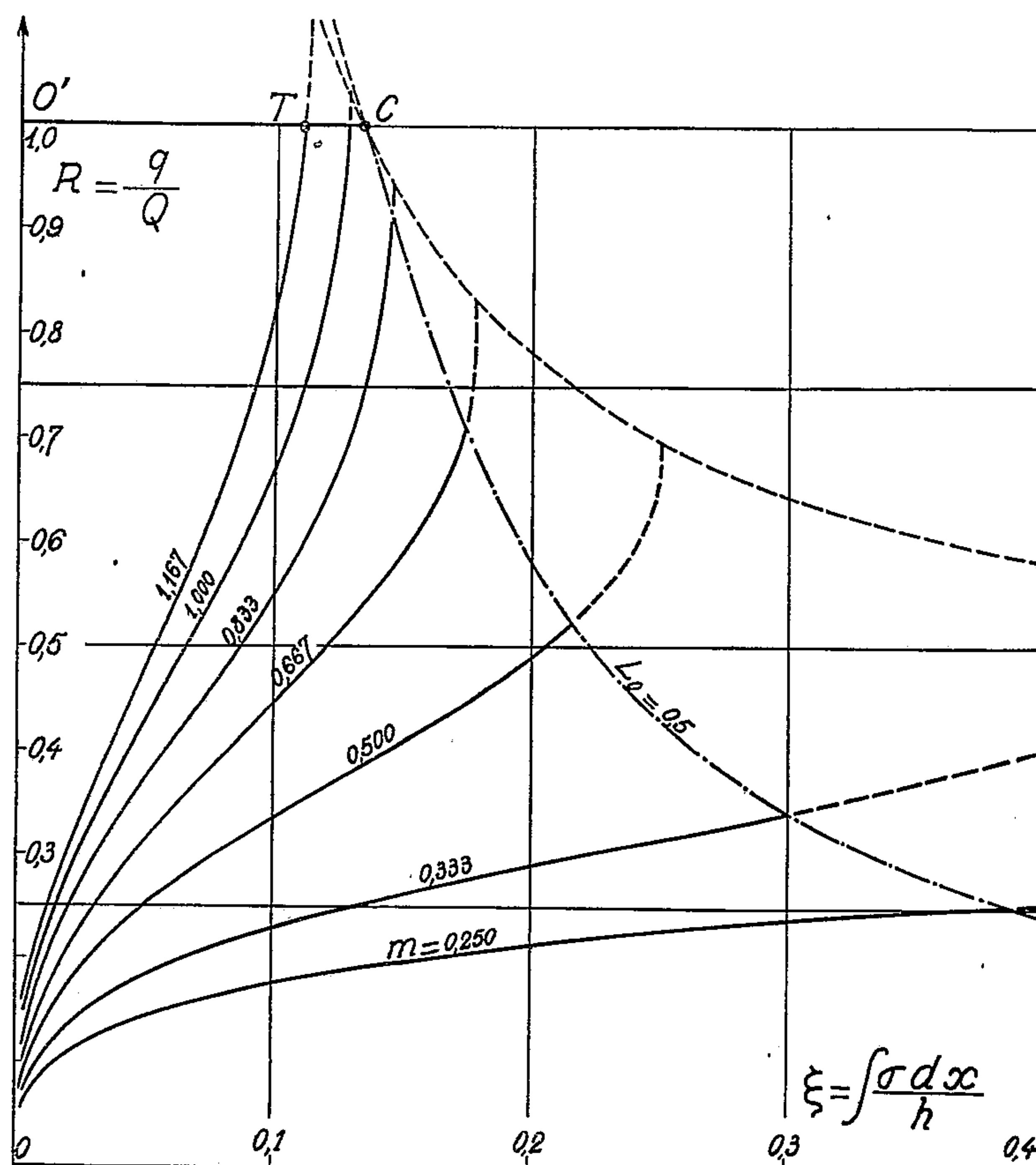


Fig. 1.

([1]) *Cf. Comptes rendus*, 241, 1955, p. 621.

([2]) *Cf.* R. Curtet, *Comptes rendus*, 241, 1955, p. 621.

La condition $u_1 = 0$ est équivalente à $R = 1$ et les points de vitesse nulle tels que T se trouvent sur la droite O′T dans le diagramme $R = f(m, \xi)$ (*fig.* 1). Toutefois les calculs supposent que le jet n'a pas atteint la paroi et le diagramme doit être limité à la région où la largeur relative L est inférieure à une valeur L_0. On peut déterminer L_0 d'après la courbe des vitesses excédentaires $w/w_0 = f(\eta)$ [*cf.* (²), *fig.* 1] en remarquant que les vitesses sont sensiblement nulles pour $\eta = 2$, ce qui permet d'adopter $L_0 = 0,5$. Soit alors C le point correspondant à $L_0 = 0,5$ et $R = 1$ sur la figure 1 : comme T ne peut aller au-delà de C, il s'ensuit que u_1 ne peut s'annuler que pour des valeurs de m supérieures à une valeur limite m_c. L'équation (5) : $m = -3/2R^2 + R + kR^2/L$ (²) donne $m_c = 0,93$ pour $L = 0,5$, $R = 1$ et $k = 0,715$.

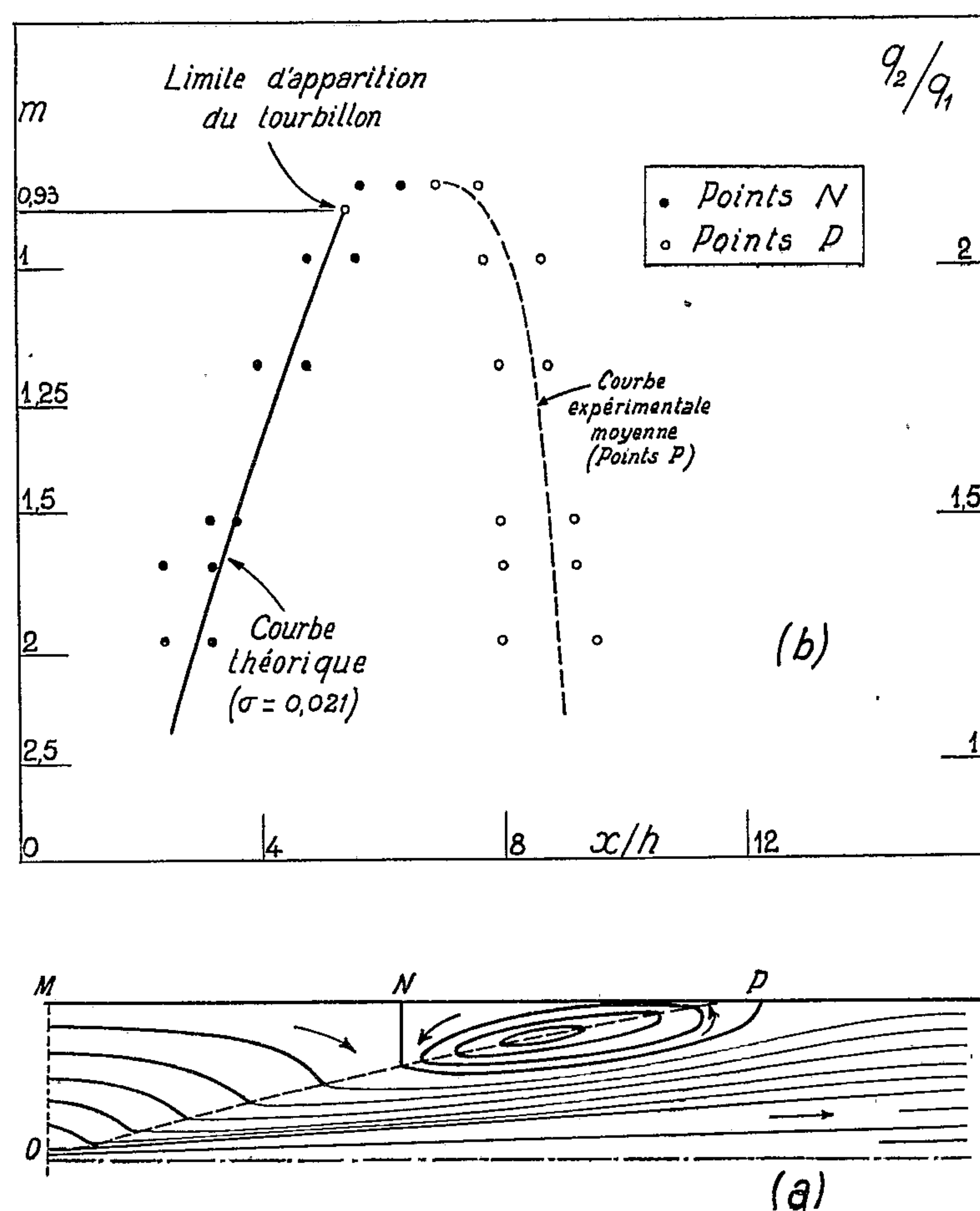


Fig. 2.

Si N est le point de vitesse nulle, l'allure des lignes de courant avant N est celle indiquée par le schéma de la figure 2*a*. Au-delà de N, le débit secondaire a déjà été en totalité entraîné par le jet; celui-ci, continuant par sa nature

même à entraîner du débit, un tourbillon de recirculation est à prévoir à la suite de N. La condition de recirculation est alors rattachée par ce qui précède à $u_1 = 0$. Le calcul permet de déterminer l'abscisse du point N et les résultats du calcul sont en accord satisfaisant avec l'expérience (pour $h/a = 11,9$), comme le montre la figure 2*b*, en adoptant en première approximation une valeur moyenne de σ égale à 0,021, qui correspond à nos essais antérieurs ([2]).

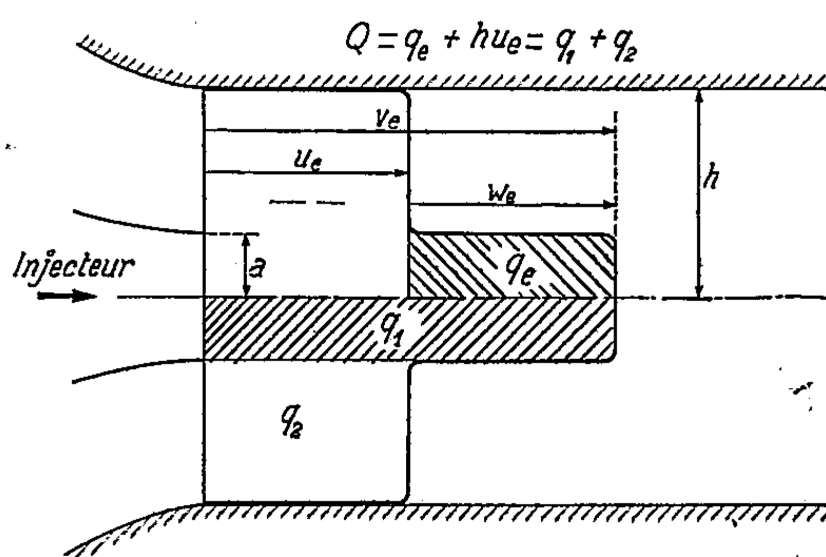


Fig. 3.

D'après la figure 2*b*, la largeur NP du tourbillon décroît à mesure que m se rapproche de la limite théorique m_c. L'expérience a montré que si l'on diminue m au-delà de cette valeur, le tourbillon disparaît : la condition $m > m_c$ paraît donc constituer le critérium d'existence d'un tourbillon.

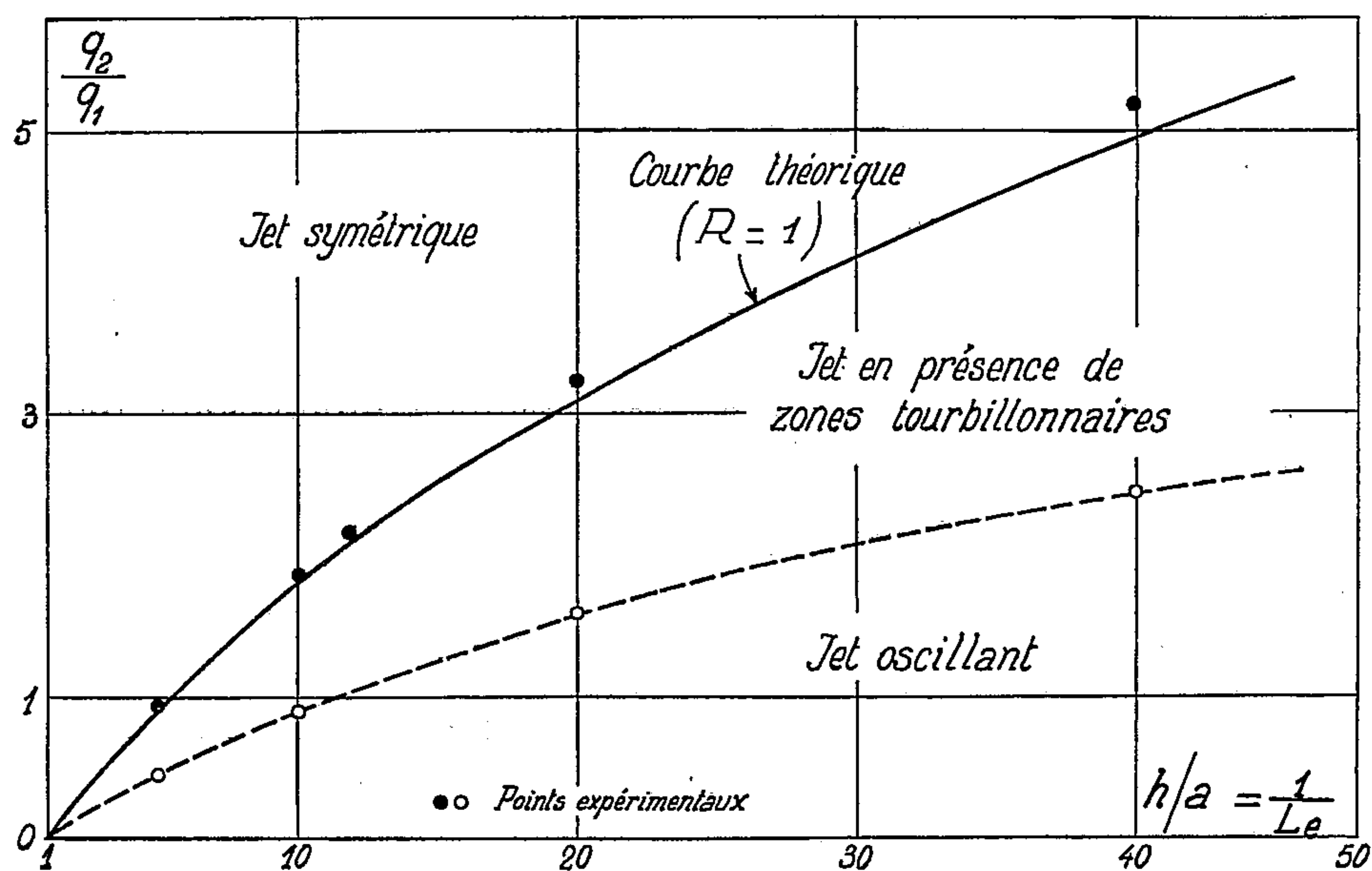


Fig. 4.

Les caractéristiques du jet et de la chambre peuvent être reliées à la constante de quantité de mouvement m si l'on applique la relation (5) à l'entrée

du jet dans la chambre (*fig.* 3) :

$$m_c = -\frac{3}{2}R_e^2 + R_e + k_e\frac{R_e^2}{L_e}$$

où $R_e = q_e/Q$, $k_e = 0{,}95$ et $q_e = q_1 - u_1 a = q_1 - q_2 a/h$, q_1 et q_2 étant les demi-débits à l'origine dans et autour de l'injecteur. La condition limite de recirculation s'en déduit alors en prenant $m = m_c = 0{,}93$ et se traduit, pour une installation donnée, en un rapport limite de débits q_2/q_1 autorisant la naissance d'un tourbillon dans la chambre.

Nous avons comparé cette relation théorique aux résultats expérimentaux (*fig.* 4); on trouve effectivement un bon accord entre les deux courbes. Rappelons, suivant une Note antérieure ([3]), l'existence d'une zone avec jet oscillant, dont la frontière a été également portée sur la figure 4.

HYDRODYNAMIQUE. — *Sur l'équation différentielle d'un problème d'hydrodynamique.* Note de M. **Dragoslav S. Mitrinovitch**, présentée par M. Henri Villat.

1. E. Höiland, E. Palm, A. Eliassen et E. Riis ([1]) ont étudié un problème assez général d'hydrodynamique et ont montré, entre autre, que les équations différentielles du problème sont les suivantes :

$$\frac{\wp''}{\wp} = \frac{\rho''}{\rho} + h, \tag{1}$$

$$\frac{\wp''}{\wp} = \frac{\rho''}{\rho} + h_2\frac{1}{\rho^2} + h_1, \tag{2}$$

avec h, h_1, h_2, constantes quelconques, et

$$\rho = \rho(z), \qquad \wp = \wp(z), \qquad \rho^{(k)} = \frac{d^k\rho}{dz^k}, \qquad \wp^{(k)} = \frac{d^k\wp}{dz^k} \qquad (k = 1, 2).$$

Dans lesdits travaux sont obtenus des résultats intéressants, mais les recherches en question ne sont pas beaucoup avancées, car elles ont été restreintes seulement aux deux cas suivants d'intégrabilité de l'équation (1), à savoir

$$\frac{\rho''}{\rho} + h = \text{const.}, \qquad \frac{\rho''}{\rho} + h = -e^{2z} + \text{const.}$$

([3]) *Cf.* R. Curtet, *Comptes rendus*, 239, 1954, p. 387.

([1]) E. Höiland, *Geofys. Publ. Norske Vid.-Akad.* Oslo, 18, n°9, 1953, 12 p. ; A. Elliassen, E. Höiland et E. Riis, *Publ. of the Institute for Weather and Climate Research of the Norwegian Acad. of Sciences and Letters*, n° 1, 1953, 30 p. ; E. Höiland, *Comptes rendus du XIIe Congrès des Mathématiciens Scandinaves*, Lund, 1953, p. 101-104 ; E. Palm, *Videnskaps Akademiets institutt for Vaer-og Klimaforskning*, Oslo, n° 2, 1955, 6 p.

(dans le premier cas v et w s'expriment par des fonctions élémentaires, dans le second par des fonctions cylindriques).

Dans cette Note, nous allons envisager l'équation

$$\frac{w''}{w} = h_3 \frac{v''}{v} + h_2 \frac{1}{v^2} + h_1 \qquad (h_k = \text{const.}), \tag{3}$$

qui embrasse (1) *et* (2) *comme cas particuliers, et nous allons indiquer quelques procédés permettant de former, d'une manière systématique, des solutions* (v_k, w_k) *de l'équation* (3), *dans un nombre illimité de cas.*

2. Dans l'équation indéterminée (3), qui est une équation de Monge à deux fonctions v et w, posons $w = \mathrm{T}(v)$, T étant une fonction de v, supposée dérivable et pour le moment indéterminée. L'équation (3) devient alors

$$\frac{dp}{dv} + \frac{v\ddot{\mathrm{T}}}{v\dot{\mathrm{T}} - h_3 \mathrm{T}} p = \left(h_1 v + \frac{h_2}{v}\right) \frac{\mathrm{T}}{v\dot{\mathrm{T}} - h_3 \mathrm{T}} \frac{1}{p} \qquad (v\dot{\mathrm{T}} - h_3 \mathrm{T} \neq 0,\ p \neq 0,\ v \neq 0), \tag{4}$$

avec

$$\dot{\mathrm{T}} = \frac{d\mathrm{T}}{dv}, \qquad \ddot{\mathrm{T}} = \frac{d^2\mathrm{T}}{dv^2} \qquad \text{et} \qquad p = \frac{dv}{dz}.$$

De l'équation (4) du type de Bernoulli on détermine sans difficulté p, à savoir $p = p(v, c_1)$, où c_1 désigne une constante arbitraire. De $dv/dz = p(v, c_1)$, on trouve $\int dv/p(v, c_1) = z + c_2$, c_2 étant une nouvelle constante d'intégration. La dernière relation conduit, après l'intégration et l'inversion, à $v = v(z, c_1, c_2)$.

D'après ce qui précède on voit qu'on dispose arbitrairement de la forme de la fonction T. La forme de T étant donnée, on a une solution $\{v(z), w(z)\}$ de (3).

La solution (v, w) qu'on détermine à l'aide du procédé indiqué s'exprime par quadratures et contient une fonction complètement arbitraire ainsi que deux constantes quelconques.

3. L'équation (1), au moyen des changements [2] suivants :

$$v = \exp\left(\int \mathrm{V}\,dz\right), \qquad w = \exp\left(\int \mathrm{W}\,dz\right), \qquad \mathrm{V} = \mathrm{V}(z), \qquad \mathrm{W} = \mathrm{W}(z),$$

prend la forme

$$\mathrm{W}' + \mathrm{W}^2 = \mathrm{V}' + \mathrm{V}^2 + h, \qquad \text{ou bien} \qquad (\mathrm{W} - \mathrm{V})' + (\mathrm{W} - \mathrm{V})(\mathrm{W} + \mathrm{V}) = h$$

et sa *solution explicite* est

$$\mathrm{W} = \frac{1}{2}\left(\frac{h}{s} - \frac{s'}{s} + s\right), \qquad \mathrm{V} = \frac{1}{2}\left(\frac{h}{s} - \frac{s'}{s} - s\right),$$

s étant une fonction quelconque de z, supposée dérivable.

---

[2] Le même procédé s'applique aussi à l'équation (3), si $h_2 = 0$, mais nous omettons ici ce cas plus général.

Donc une solution de (1) est

$$w = \frac{1}{\sqrt{s}} \exp\left\{\frac{1}{2}\int\left(\frac{h}{s}+s\right)dz\right\}, \qquad V = \frac{1}{\sqrt{s}} \exp\left\{\frac{1}{2}\int\left(\frac{h}{s}-s\right)dz\right\}.$$

4. Par une autre méthode ([3]), fort différente de celles indiquées plus haut, on peut aussi construire systématiquement des *suites* illimitées (v_k, w_k) de solutions de l'équation (1).

RHÉOLOGIE. — *Sur l'écoulement en charge d'un fluide plastique.* Note (*) de MM. **Étienne Crausse** et **Georges Pouzens**, transmise par M. Charles Camichel.

Paramètres adimensionnels régissant l'écoulement en charge, laminaire ou turbulent, d'un fluide plastique.

Soit un fluide obéissant à la loi de Bingham (fluide plastique), caractérisé par un seuil de cisaillement f et une viscosité plastique μ', ces deux facteurs rhéologiques conservant une valeur constante dans les conditions du problème. Considérons l'écoulement permanent en charge d'un tel fluide dans une conduite de section circulaire de diamètre uniforme D, à la vitesse moyenne V.

Si cet écoulement est laminaire, on sait ([1]) qu'il est possible d'en calculer les éléments à partir de la loi de Bingham et d'établir notamment que la répartition diamétrale des vitesses dans une section droite est constituée par deux demi-paraboles reliées par un segment de droite, ce dernier traduisant le déplacement en bloc d'un noyau central de fluide (*figure*).

Pour un tel écoulement laminaire, il nous a paru intéressant de rechercher par voie dimensionnelle la loi reliant le gradient longitudinal de pression J ainsi qu'un élément linéaire hydraulique λ caractéristique de l'écoulement, aux facteurs dont chacune de ces grandeurs doit dépendre (soit ici : V, D, μ' et f). On obtient aisément

$$J = \frac{V\mu'}{D^2}\varphi_1\left(\frac{V\mu'}{Df}\right), \qquad \lambda = D\varphi_2\left(\frac{V\mu'}{Df}\right),$$

relations mettant en évidence le paramètre adimensionnel $V\mu'/Df$ caractéristique de l'écoulement.

Parmi les éléments linéaires apparaissant dans cet écoulement, on peut choisir par exemple celui que représente le diamètre D′ du noyau, ce qui donne

([3]) D. S. Mitrinovitch, *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 327.

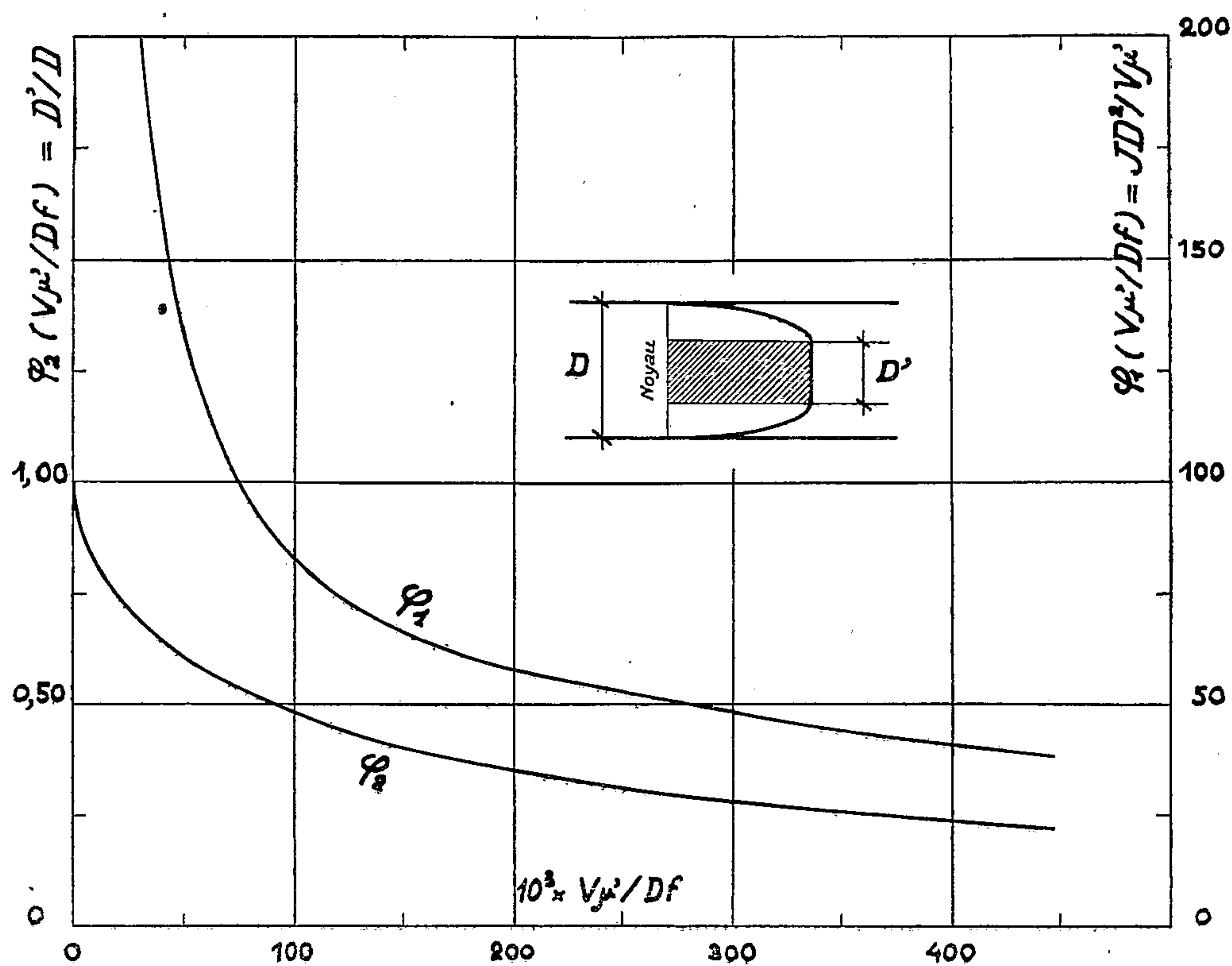
(*) Séance du 21 novembre 1955.

([1]) R. Dellyes, *Revue des Matériaux de Construction*, nos 466, 467, 468 et *Centre d'Études et de Recherches de l'Industrie des Liants Hydrauliques*, no 68.

alors (²) :

$$\varphi_2\left(\frac{V\mu'}{Df}\right)=\frac{D'}{D}=\frac{4f}{JD}$$

et montre que la fonction φ_2 est ici comprise entre l'unité et zéro. La première de ces valeurs déterminera le gradient longitudinal de pression à partir duquel l'écoulement se produira nécessairement.



Les courbes ci-dessus, calculées par points, donnent l'allure des fonctions φ_1 et φ_2.

Si l'écoulement devient turbulent, il convient d'ajouter la masse volumique ρ du fluide aux facteurs régissant cet écoulement. On obtient alors les relations

$$J=\frac{\rho V^2}{D}\varphi_1\left(\frac{\rho VD}{\mu'},\frac{\rho V^2}{f}\right),\qquad \lambda=D\varphi_2\left(\frac{\rho VD}{\mu'},\frac{\rho V^2}{f}\right)$$

faisant apparaître deux paramètres caractéristiques, dont le premier correspond d'ailleurs au nombre de Reynolds des fluides visqueux. Ces paramètres traduisent respectivement le rapport, aux forces d'inertie, des forces de viscosité plastique et des forces de cisaillement.

(²) *Loc. cit.*

ASTRONOMIE. — *Sur la dissymétrie Est/Ouest de la formation de nouvelles taches solaires.* Note de Mme **Marguerite d'Azambuja**, présentée par M. André Danjon.

Il se forme environ deux fois plus de centres d'activité sur la moitié Est du disque solaire que sur la moitié Ouest.

L'examen des facules chromosphériques fournit, ainsi que je le signalais dans une Note antérieure (1), un très bon critère pour étudier l'évolution des centres d'activité, et, en particulier, pour préciser leur naissance à moins de 0,5 jour. Au cours d'une étude d'ensemble des taches solaires et des facules chromosphériques qui leur sont associées, j'ai entrepris, avec les spectrohéliogrammes de Meudon, un relevé de tous les centres observés depuis 1919, quelles que soient leur durée et la date de leur formation; il s'étend actuellement jusqu'en 1936. D'autre part, je dresse le relevé, publié avec les Cartes synoptiques de la chromosphère solaire (2), des seuls centres dont les facules ont persisté au moins une rotation solaire, ce qui, pour les taches, correspond à une durée d'au moins une semaine; ce second relevé est publié pour l'intervalle 1919-1947.

Durant ce dernier travail, j'ai noté que les formations nouvelles paraissaient plus fréquentes à l'Est du Soleil qu'à l'Ouest. En 1907 déjà (3), Mrs A. S. D. Maunder, étudiant le cycle 1889-1901, signalait une « prépondérance bien marquée et constante » de la moitié Est du disque sur la moitié Ouest. Elle avait divisé le disque en 14 fuseaux, correspondant chacun au déplacement journalier moyen des taches et y portait les valeurs étudiées : aires, nombre de taches, naissances, disparitions, etc. De la comparaison des fuseaux symétriques, elle conclut à un excès de l'Est sur l'Ouest, constant, mais dépassant rarement 10 %. Parmi ses résultats, il en est un auquel elle ne parut pas attacher une importance suffisante : le nombre des formations nouvelles décroissait régulièrement de l'Est vers l'Ouest, tandis que les disparitions allaient, au contraire, en augmentant (p. 460, tableau VIII). Elle concluait, de la comparaison des deux suites de nombres, que les taches disparaissaient un peu plus facilement sur le disque, qu'elles ne s'y formaient. De nombreux travaux confirmèrent par la suite (4) la faible dissymétrie constatée, mais personne ne semble

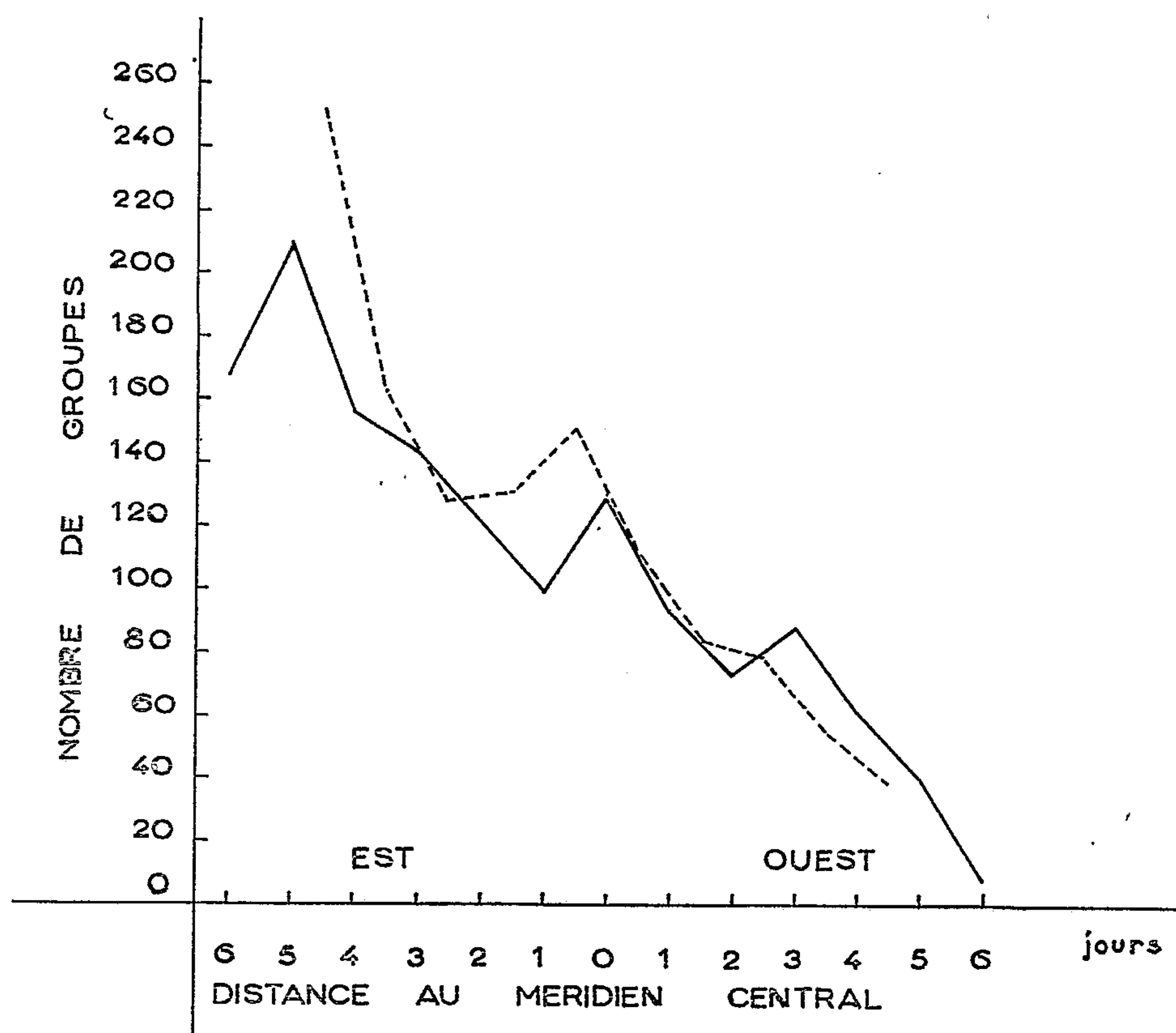
(1) *Comptes rendus*, 241, 1955, p. 592.

(2) *Ann. Obs. Paris, S. Meudon*, 6, fasc. 7, 1948, p. 226; *Cartes synoptiques chromosphère solaire*, 1, fasc. 10; 2, fasc. 1, 1955.

(3) *M. N.*, 67, 1907, p. 451.

(4) *Voir*, pour la mise au point et la bibliographie : F. Link, *VIIIe Rapport Commission Phénomènes solaires terrestres*, 1954, p. 35.

avoir remarqué que les nombres donnés par Mrs Maunder elle-même, indiquent qu'il se forme 2,24 fois plus de taches à l'Est du disque qu'à l'Ouest.



Or, les groupes en formation ont une croissance rapide et présentent de nombreuses éruptions chromosphériques; leur grande abondance est un indice certain d'une forte activité solaire. Il importait donc de rechercher, dans des conditions où aucune ambiguïté ne pouvait subsister sur les dates de formation des centres d'activité si le résultat de Mrs Maunder se confirmait sur une période différente et plus longue.

Utilisant les données des deux relevés faits à Meudon, j'ai repris la statistique des naissances de centres d'activité : pour le premier relevé, où figurent tous les centres, le rapport Est/Ouest des formations nouvelles vaut 1,93, si l'on en fait le décompte brut. Si l'on pondère leur nombre suivant la durée des taches, beaucoup plus facile à fixer que celle des facules, le rapport est 2,44, indiquant ainsi, non seulement qu'*il se forme environ deux fois plus de centres d'activité à l'Est du Soleil qu'à l'Ouest, mais encore que ces centres sont, en moyenne, plus durables.*

En ce qui concerne le second relevé, qui ne comprend que les centres moyens ou importants et qui s'étend sur presque trois cycles, on retrouve la même valeur 2,46 pour le rapport Est/Ouest des formations nouvelles; les résultats étant groupés par année, le rapport est toujours plus grand que un; ses variations ne semblent pas avoir de relation apparente avec la phase du cycle undécennal. Répartissant les naissances (5) de centres en fuseaux, comme Mrs Maunder, j'ai trouvé des résultats tout à fait analogues aux siens :

Fuseaux	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Nombre de naissances	168	210	156	144	119	99	130	94	73	88	61	40	8

Comme pour Mrs Maunder (courbe en trait discontinu), la décroissance est continue de l'Est à l'Ouest; on retrouve également au méridien central un faible maximum secondaire, qui peut d'ailleurs n'être que fortuit. D'autre part, aucun centre de quelque importance n'a échappé à l'observation : il semble qu'il y ait sensiblement autant de formations dans l'hémisphère visible, 1390, que dans l'hémisphère invisible, 1363.

Les interprétations de cette dissymétrie que l'on a avancées jusqu'ici ne sont valables que pour les faibles valeurs, généralement trouvées; pour certains même, elle est trop faible pour être réelle. Avant de chercher à expliquer ce phénomène un peu surprenant, puisque, comme l'avait fait remarquer Mrs Maunder, il paraît dépendre du point de vue de la Terre, il semblait nécessaire qu'il fût établi d'une manière certaine : sa constance dans le temps et son importance ne semblent plus permettre de le mettre en doute.

ASTRONOMIE. — *Étude statistique des mouvements stellaires.* I. *Calcul des moments de la distribution des vitesses.* Note de M. **Jean-Louis Rigal**, présentée par M. André Danjon.

En supposant la distribution des étoiles dans le ciel suffisamment régulière, on obtient de façon simple les moments des vitesses spatiales à partir des moments des vitesses radiales ou tangentielles.

Notations :

α, δ, l, b, coordonnées sphériques, équatoriales et galactiques (pôle d'Ohlsson);

$\mu_\alpha, \mu_\delta, \mu_l, \mu_b, \rho$, composantes du mouvement propre et vitesse radiale;

$r = kr_0$:

(5) Je n'ai pas recherché une dissymétrie possible des disparitions. Les facules ne peuvent donner aucune indication sur le dernier jour de visibilité des taches, qui dépend beaucoup de la qualité des images et de la distance au méridien central.

r distance de l'étoile;

r_0 distance « réduite » : $r_0 = 10^{\frac{m}{5}}$.

$k = 10^{-\frac{M-5}{5}}$ $h = k^{-1}$;

$h\sigma$ dispersion de h, $K^{-1} = h^2(1+\sigma^2)$;

ΔM, rang de la magnitude absolue M supposée répartie uniformément;

$\vec{s}$, $\vec{^*s}$, $\vec{\bar{s}}$, vitesse de l'étoile, vitesse résiduelle et vitesse de groupe, de composantes respectives sur trois axes rectangulaires : u, v, w; $^*u$, $^*v$, $^*w$; U, V, W;

$$E(u^2) = \mathbf{u}^2 = U^2 + E(^*u^2) = U^2 + (u^2);$$

$p = 4,74\, r_0 \mu_l \cos b$; $\vec{p}$ de composantes :

$$p_1 = g_{21} p = -p \sin\alpha, \qquad p_2 = g_{22} p = +p\cos\alpha, \qquad p_3 = g_{23} p = 0;$$

$q = 4,74\, r_0 \mu_b$:

$\vec{q}$ de composantes :

$$q_1 = g_{31} q = -q\cos\alpha \sin\delta, \qquad q_2 = g_{32} q = -q \sin\alpha\sin\delta, \qquad q_3 = g_{33} q = +q\cos\delta;$$

$\vec{\rho}$ de composantes :

$$\rho_1 = g_{11}\rho = +\rho\cos\alpha\cos\delta, \qquad \rho_2 = g_{12}\rho = +\rho\sin\alpha\cos\delta, \qquad \rho_3 = g_{13}\rho = +\rho\sin\delta;$$

$\vec{p} + \vec{q} = \vec{t}$; $\vec{t}$ de composantes t_1, t_2, t_3;

ce qui donne lieu à des formules telles que

$$k\vec{t} + \vec{\rho} = \vec{u} = {}^*\vec{u} + \vec{U};$$

l_0, longitude du vertex supposé dans le plan galactique;

S_1, S_2, S_z, demi-axes de l'ellipsoïde des vitesses ($S_2 = \tau S_1$).

Soit $\Psi(l, b)\,dl\,db$ la loi observée de répartition des coordonnées sphériques des étoiles et $\Phi(u, v, w)$ celle des vitesses spatiales :

$$\rho = u\cos l\cos b + v\sin l\cos b + w\sin b + k'$$

peut s'écrire

$$\bar{\rho} = \iiiint\!\!\!\int (u\cos l\cos b + v\sin l\cos b + w\sin b + k')\,\Phi(u, v, w)\,\Psi(l, b)\,du\,dv\,dw\,dl\,db.$$

Si l'on suppose u, v, w, indépendants de l et de b et $\Psi(l, b)$ de la forme

$$\Psi(l, b)\,dl\,db = \frac{\chi(b)}{2\pi}\,db\,dl.$$

et que l'on pose B_{ij} = valeur moyenne de $(\cos^i b \sin^j b)$, il vient

(1) $$\bar{\rho} = -B_{01}W + k',$$

(2) $$2\bar{\rho}_1 = -B_{20}U,$$

(3) $$2\bar{\rho}_2 = -B_{20}V,$$

(4) $$2\bar{\rho}_3 = -B_{02}W + B_{01}k',$$

ce qui fournit immédiatement la vitesse solaire, et éventuellement le terme k'.

Les moments d'ordre deux s'obtiennent en résolvant le système

(5) $$8\bar{\rho}_1^2 = 3B_{40}\mathbf{u}^2 + B_{40}\mathbf{v}^2 + 4B_{22}\mathbf{w}^2 - 8B_{21}k'W + 4B_{20}k'^2,$$

(6) $$8\bar{\rho}_2^2 = B_{40}\mathbf{u}^2 + 3B_{40}\mathbf{v}^2 + 4B_{22}\mathbf{w}^2 - 8B_{21}k'W + 4B_{20}k'^2,$$

(7) $$2\bar{\rho}_3^2 = B_{22}\mathbf{u}^2 + B_{22}\mathbf{v}^2 + 2B_{04}\mathbf{w}^2 - 4B_{03}k'W + 2B_{02}k'^2,$$

(8) $$2\bar{\rho}^2 = B_{20}(\mathbf{u}^2 + \mathbf{v}^2) + 2B_{02}\mathbf{w}^2 - 4B_{01}k'W + 2k'^2,$$

(9) $$4\bar{\rho}_1\bar{\rho}_2 = B_{40}\mathbf{uv},$$

(10) $$4\bar{\rho}_1\bar{\rho}_3 = B_{22}\mathbf{uw} - B_{21}k'U,$$

(11) $$4\bar{\rho}_1\bar{\rho}_3 = B_{22}\mathbf{vw} - B_{21}k'V.$$

Les formules suivantes servent de vérification aux hypothèses faites :

(12) $$2\,\overline{\rho\rho_3} = B_{21}(\mathbf{u}^2 + \mathbf{v}^2) + B_{03}\mathbf{w}^2 + B_{01}k'^2 - 2B_{02}k'W,$$

(13) $$\overline{\rho\rho_2} = B_{21}\mathbf{vw} - B_{20}k'V,$$

(14) $$\overline{\rho\rho_1} = B_{21}\mathbf{uw} - B_{20}k'U,$$

Si l et b sont répartis uniformément $(2\pi\Psi(l, b)\,dl\,db = \cos dl\,db)$ les formules se simplifient. Par exemple (8) devient

(8') $$3\bar{\rho}_2 = \mathbf{u}^2 + \mathbf{v}^2 + \mathbf{w}^2 = S^2 + 3\ (\text{dispersion moyenne des vitesses})^2,$$

ce qui permet de calculer la dispersion des vitesses connaissant $\bar{\rho}^2$ (en fait ${}_0\bar{\rho}^2$ observé est la somme de deux termes dont l'un σ_1^2 relatif aux erreurs de mesure, doit être estimé et soustrait de ${}_0\bar{\rho}^2$).

Un second cas intéressant est celui où toutes les étoiles ont une répartition régulière en l et des valeurs de b peu dispersées (cas d'étoiles de latitude équatoriale ou galactique donnée).

En général, la répartition $\Psi'(\alpha, \delta)$ n'est pas régulière. Nous suggérons la technique suivante :

1° opérer en coordonnées galactiques;

2° compter le nombre d'étoiles $N(l_0)$ dans une région

$$l_0 - 20° < l < l_0 + 20°$$

et attribuer à chaque étoile de cette zone un poids $N(l_0)^{-1}$.

3° calculer les coefficients B_{ij} et les $\bar{\rho}_1$, ... compte tenu de la pondération précédente.

Cette méthode est rapide et généralement la répartition $\Psi(l, b)$ est suffisamment régulière pour que les résultats soient corrects; la nécessité de pondérer les informations par la quantité $N(l_0)$ sans signification physique n'entraîne pas de grandes difficultés supplémentaires, surtout si $N(l_0)$ varie peu avec l_0. Par contre, elle présente tous les inconvénients théoriques liés aux méthodes basées sur l'examen des moments dont elle ne diffère pas essentiellement; il est d'ailleurs facile de vérifier que si la répartition Ψ est uniforme, les résultats relatifs à l'apex sont identiquement ceux obtenus par la méthode

des moindres carrés :

$$3\bar{p}_1 = -U, \quad 3\bar{p}_2 = -V, \quad 3\bar{p}_3 = -W, \quad \bar{p} = k'.$$

La même méthode s'applique aux vitesses réduites p, q et t et conduit par exemple à

$$(9) \qquad 2\bar{t^2} = (1 + B_{02})(\mathbf{u}^2 + \mathbf{v}^2) + 2B_{20}\mathbf{w}^2$$

ou pour une répartition uniforme,

$$(9') \qquad 3\bar{t^2} = 2(\mathbf{u}^2 + \mathbf{v}^2 + \mathbf{w}^2).$$

Les formules (8′) et (9′) permettent de calculer la dispersion des vitesses, donc de vérifier les magnitudes absolues ayant servi au calcul des mouvements tangentiels réduits. Remarquons que cette méthode d'estimer k est deux fois plus efficace que celle qui consiste à comparer les valeurs de la vitesse solaire obtenues à partir des mouvements propres ou des vitesses radiales.

ASTROPHYSIQUE. — *Dispositif pour observer les émissions monochromatiques faibles de la couronne solaire avec le filtre polarisant.* Note de M. **Audouin Dollfus**, présentée par M. André Danjon.

Le montage optique réalisé permet d'observer régulièrement sur tout le pourtour du disque solaire les jets monochromatiques faibles émis par la couronne solaire à 5 303 et 6 374 Å, enregistrer leur forme, leur mouvement et leur évolution.

En 1942, B. Lyot avait réussi à photographier les jets brillants émis par la couronne solaire en lumière monochromatique 5 303 et 6 374 Å en faisant suivre son coronographe de 20 cm de diamètre d'un filtre polarisant isolant ces deux radiations (ainsi que Hα) (1). Le filtre à polariseurs de spath, bande passante 3 Å, diamètre 36 mm, ouverture 3°, couvrait un champ de 20′ et montrait les jets les plus brillants sur une partie du bord solaire seulement.

En vue de permettre l'observation régulière des émissions coronales, avec plus de sensibilité, et sur tout le pourtour du Soleil en un seul cliché, j'ai apporté au procédé les améliorations suivantes :

Accroissement du champ. — Pour augmenter la convergence du faisceau accepté par le filtre les polariseurs sont constitués par des prismes biréfringents doubles en spath et verre rejetant l'image déviée non utilisée de 7°. Le nombre de ces grands prismes est réduit en groupant les lames selon une disposition voisine de celle proposée par J. Evans en 1949 (2) : Deux lames du filtre habituel d'épaisseur A et B, associées entre trois pola-

(1) *Ann. Astroph.*, 7, 1944, p. 31.
(2) *J. Opt. Soc. Amer.*, 39, 1949, p. 229.

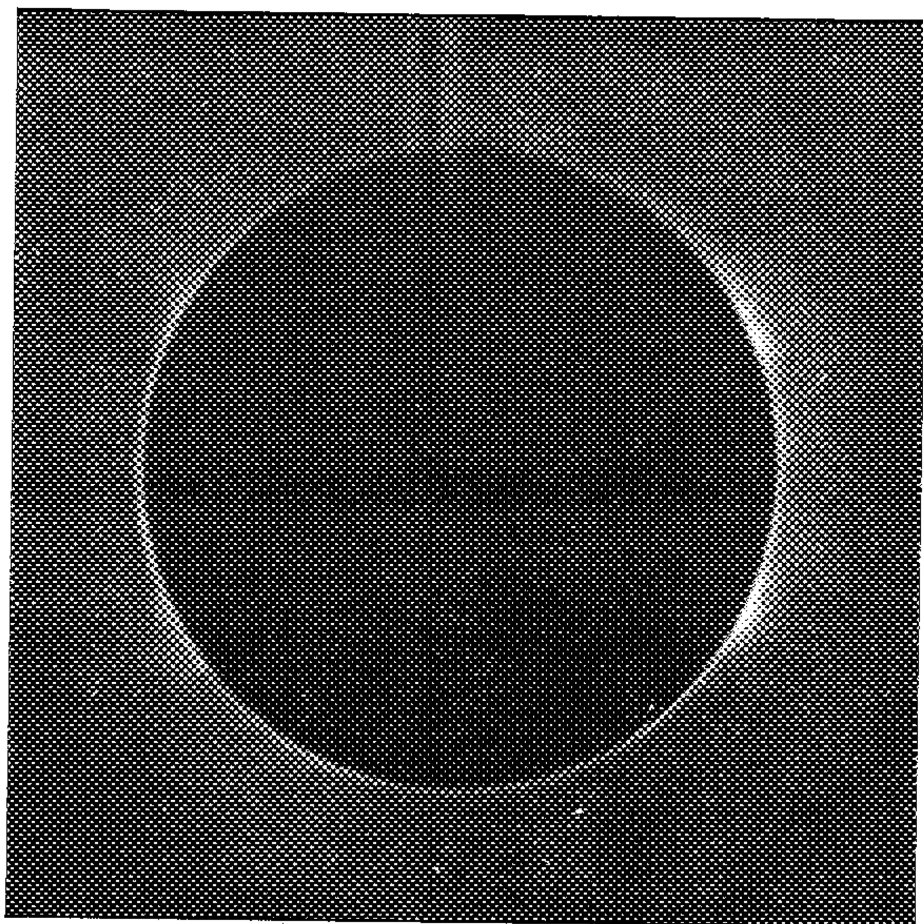
riseurs sont remplacées par trois lames d'épaisseur $(A/2 + \lambda/4)$, $(B + \lambda/2)$, $(A/2 + \lambda/4)$, entre deux polariseurs seulement. Les axes des lames doivent être respectivement à $-45°$, $0°$ et $+45°$ des azimuths transmis par les polariseurs croisés.

Pour que l'isolement du filtre reste semblable en tous les points du champ de 6° obtenu de la sorte, les trois lames les plus épaisses jouent le rôle des lames B; elles sont coupées en deux éléments d'épaisseur moitié, tournées respectivement de 90° ainsi que leurs éléments de lame A associés, et séparés par une demi-onde dont l'axe est bissecteur de ceux des deux parties de la lame B.

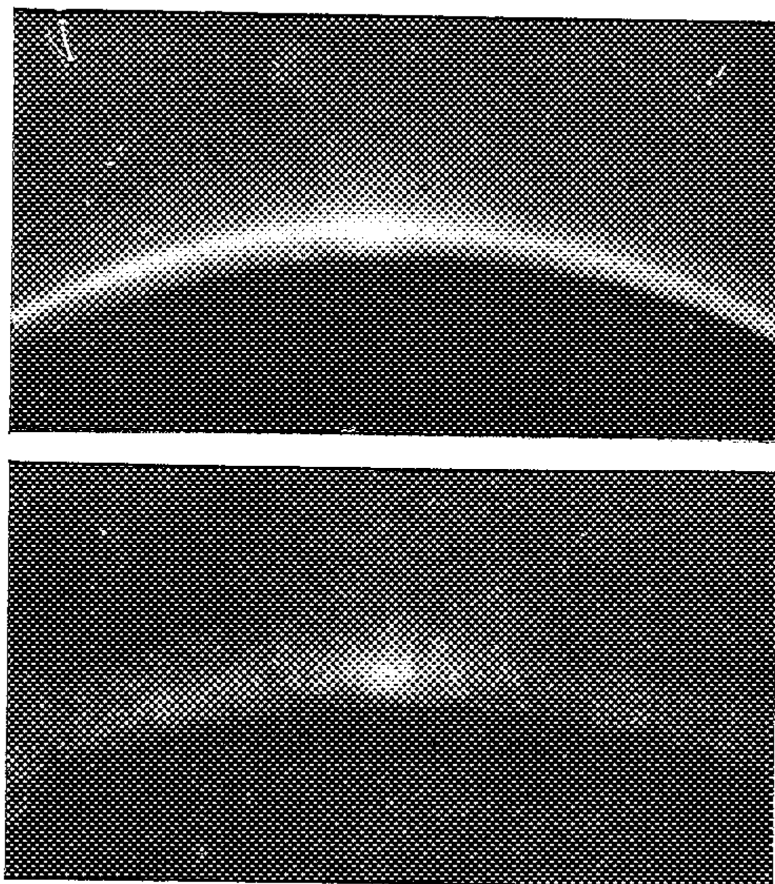
Accroissement de la sélectivité. — Pour diminuer l'effet de la lumière solaire diffusée par le coronographe et le ciel, une lame de spath est ajoutée à l'entrée du filtre; sa biréfringence totale est double de celle du quartz le plus épais du filtre et elle est rendue uniforme dans tout le champ en constituant la lame par deux blocs tournés de 90° et séparés par une demi-onde. Cette lame, précédée d'un quart d'onde avec axe à 45° de celui de la lame, est associée à un analyseur dont la rotation permet d'ajuster la longueur d'onde de la bande transmise. La largeur équivalente de cette bande est 1,5 Å, le contraste des jets coronaux est doublé.

Amélioration de la perception. — Afin de rendre les faibles émissions coronales plus accessibles à l'observation visuelle, le dernier polariseur du filtre peut être orienté à volonté par l'observateur selon deux directions orthogonales. Pour l'une des positions le filtre utilisé normalement montre les émissions coronales ainsi que la lumière diffusée dans l'intervalle spectral isolé par le filtre; selon l'autre position, la dernière lame entre polariseurs croisés absorbe les radiations coronales, tandis que la lumière diffusée transmise par le filtre reste la même. L'observateur voit les jets s'illuminer et s'éteindre, il peut déceler avec sensibilité des émissions faibles ou diffuses.

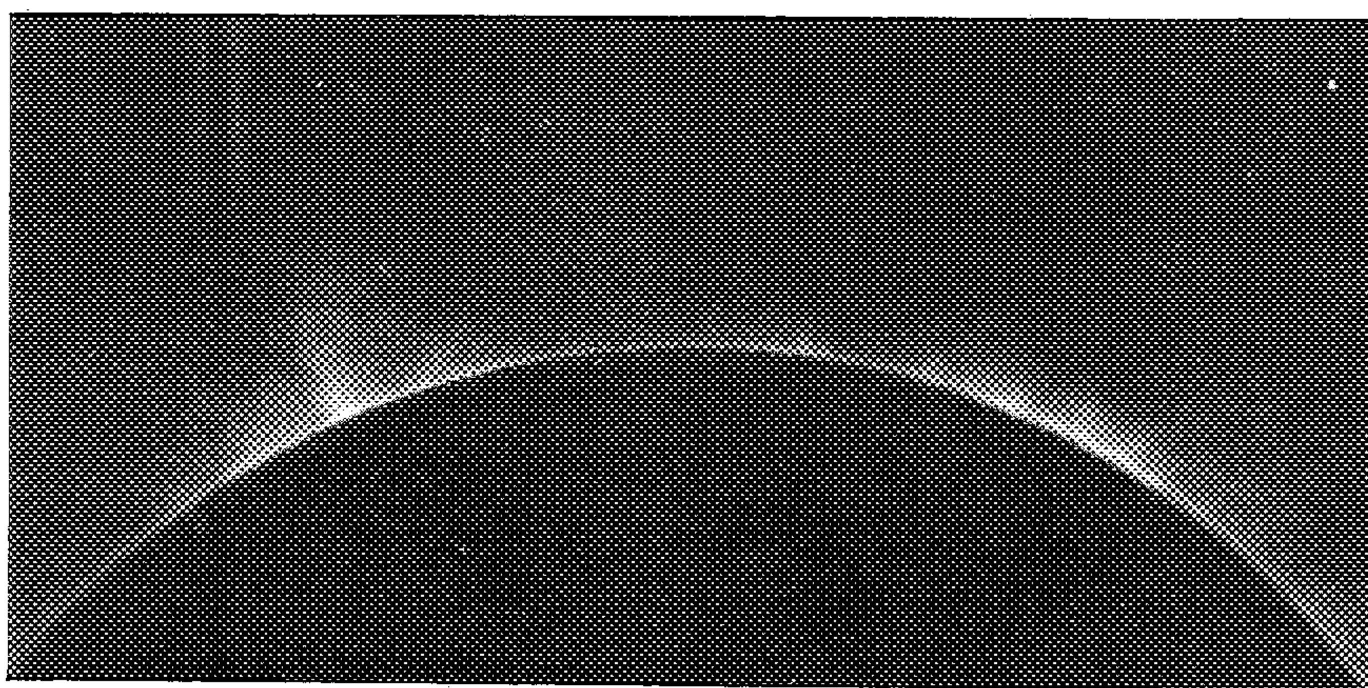
Compensation de la lumière diffusée. — Pour l'observation photographique le dernier polariseur est remplacé par un prisme de Wollaston en spath formant deux images déviées de 7° dans chaque sens. Des deux images juxtaposées sur la plaque photographique, l'une montre les jets coronaux et la lumière diffusée, l'autre la lumière diffusée seulement. Les clichés obtenus de la sorte sont ensuite reproduits en diapositif avec un contraste exactement égal à 1; la superposition du positif de l'une des images sur le négatif de l'autre réalise par transparence une plage de densité uniforme sur laquelle se détachent seulement les jets coronaux (voir *fig.*). Ce procédé élimine les variations de brillance avec la distance au bord solaire, et d'un point à l'autre du champ; il permet de déceler l'émission de la couronne plus près du bord solaire, et lorsque celle-ci s'affaiblit régulièrement avec la hauteur. De plus, lorsque la couronne en lumière blanche est assez bril-



1



3



2

Fig. 1. — Quatre émissions coronales 5 303 Å au bord du disque solaire le 6 novembre 1955.
Fig. 2. — Agrandissement d'une partie d'un cliché du 18 novembre 1955 à 14 h 43 m.
Fig. 3. — Discrimination d'un jet coronal faible très proche du bord solaire,
par superposition d'un positif et d'un négatif. 14 novembre 1955, à 11 h 40 m.
En haut : sans superposition. En bas : avec superposition.
Brillance du jet à la base : 30.10^{-6} Å.

lante pour montrer des jets, ceux-ci impressionnent pareillement les deux images; la superposition les fait disparaître et laisse subsister seulement la lumière coronale proprement monochromatique.

Réalisation. — Le filtre, étudié en 1953, a pu être construit par la Société O. P. L. et l'instrument installé sur le coronographe du Pic du Midi en avril 1954 (3). Cet appareil, achevé pour le début du nouveau cycle solaire, permet d'examiner au bord du disque, chaque fois que le ciel de montagne est limpide, la structure, la hauteur, l'éclat des jets monochromatiques de la couronne solaire, pour 5 303 et 6 374 Å; il peut montrer ces émissions lorsque leur brillance est seulement 15 millionnièmes de celle du disque solaire pour 1 Å.

Entre le 14 et le 22 novembre 1955 en particulier, grâce à une belle période de ciel pur, 26 clichés m'ont permis de suivre de jour en jour les passages aux bords Est et Ouest simultanément de quatre régions coronales actives pour l'émission 5 303 Å, d'enregistrer leurs évolutions lentes, et dans plusieurs cas leurs transformations notables au cours de quelques heures.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Formation d'une équation non linéaire de la Mécanique ondulatoire dans la théorie de la double solution.* Note de M. **Francis Fer**, présentée par M. Louis de Broglie.

On part de l'expression (1) des solutions singulières ponctuelles de l'équation d'onde (E) : $Lu \equiv \Box u + 2i\gamma^\rho(\partial u/\partial x^\rho) - ku = 0$:

$$u(x^\sigma) = \frac{\omega(\tau)}{\rho(c - v_\rho)} U(x^\sigma; \alpha^\sigma) - 2\int_{-\infty}^{\tau} \omega(\theta)\mathfrak{U}(x^\sigma; a^\sigma)\, d\theta,$$

solutions construites à partir d'une trajectoire arbitraire L et d'une fonction $\omega = \Omega e^{i\zeta}$. La phase d'une telle solution est définie même sur la ligne singulière d'espace-temps L; ses dérivées premières ne sont définies (et ses dérivées secondes finies) que si Ω et ζ vérifient l'équation intégrale :

$$(1)\qquad \frac{1}{c^2 - v^2}\left(\frac{d\zeta}{dt} + \gamma^i v^i - c^2\gamma^4\right) + \text{part. imag.}\frac{1}{\omega(t)}\int_{-\infty}^{t} \omega(\theta)\mathfrak{U}(t; \theta)\, d\theta = 0.$$

Considérons dans l'espace-temps une famille continue de trajectoires L et une famille continue de fonctions ω qui leur sont associées; en choisissant une famille discrète $L_1, L_2, \ldots, L_k$ de ces trajectoires et les fonctions ω_k correspondantes on construit une famille de solutions $u_1, u_2, \ldots, u_k$ dont la somme u est aussi solution de (E).

En faisant la moyenne de u dans un volume petit par rapport à la longueur

(3) J. Rösch, *L'Astronomie*, 69, 1955, p. 1.

(1) *Comptes rendus*, **240**, 1955, p. 600.

d'onde du phénomène considéré (ce qui est équivalent à doter la trajectoire L d'une densité σ de singularités et à faire l'intégrale de σu dans tout l'espace-temps) on définit une fonction régulière $\Psi = ae^{is}$ qui obéit à l'équation $L\Psi + (4\pi/c)\sigma\omega = 0$. Si l'on suppose que les solutions singulières u_k sont telles que, sur chaque ligne L_k on ait

(2) phase de u_k = phase de $(u - u_k)$ et de même pour les dérivées premières,

Ψ obéit à une équation non linéaire qu'on peut ramener à la forme :

$$\text{(N)} \qquad L\Psi + \frac{4\pi}{c}\Omega a^2\left(-\frac{1}{c^2}\frac{\partial s}{\partial t} + \gamma^4\right)e^{is} = 0,$$

la quantité $\rho = a^2[-(1/c^2)(\partial s/\partial t) + \gamma^4]$ étant la densité attachée à l'onde Ψ au sens habituel de la mécanique ondulatoire. La fonction Ω doit en outre obéir à l'équation intégrale (1) où s remplace ζ, et c'est ce système (N, 1) qu'on doit substituer à l'équation linéaire (E).

On peut énoncer pour un système de ce type le théorème de raccordement : soit une solution Ψ, Ω du système. Si une solution singulière de (E), obéissant à la condition (2), est telle que : *a*. Ψ en soit la moyenne; *b*. ses lignes singulières soient des lignes de guidage de s, le Ω des lignes singulières étant égal au Ω de la solution de (N, 1) envisagée; la densité des singularités de u est égale à ρ, densité de l'onde Ψ.

Il est possible de mener à bien la résolution du système (N, 1) dans le cas particulier (peut-être le seul intéressant au point de vue physique) où il est possible de définir, pour l'équation linéaire (E), une phase s à laquelle on puisse faire correspondre au moins une amplitude régulière, et une infinité d'amplitudes singulières dont les singularités puissent être placées arbitrairement à l'instant initial. On dira d'une telle phase qu'elle est polyvalente. Le problème de sa détermination est celui de la compatibilité de deux équations aux dérivées partielles (équations de Jacobi et équation de continuité).

Une condition suffisante pour qu'une phase donnée s soit polyvalente pour l'équation (E) donnée est que les dérivées partielles de s obéissent à neuf conditions dont les cinq plus intéressantes se formulent ainsi :

$$u^4\left[\frac{\partial v^i}{\partial x^k} + \frac{\partial v^k}{\partial x^i} + \frac{1}{c^2}\frac{\partial(v^i v^k)}{\partial t}\right] + \mathcal{M}\left(\partial_{ik} - \frac{v^i v^k}{c^2}\right) = 0,$$

$\mathcal{M}$ étant un facteur de proportionnalité (dont on peut donner une expression remarquable par combinaison de ces équations), v^i la vitesse sur les lignes de guidage de s, et u^4 la quantité $-[(1/c^2)(\partial s/\partial t)] + \gamma^4$. On connaît des cas simples de phase obéissant à ces conditions. On est sûr dans ce cas que l'équation intégrale (1) est vérifiée. On peut d'ailleurs calculer Ω par méthode différentielle et l'on trouve $\Omega = \Omega_0[(c^2 - v^2/u^4)a]^{1/3}$, a étant une quelconque des amplitudes qu'on peut associer à s, Ω_0 la valeur de Ω dans l'état initial.

On peut ensuite montrer que, dans un tel cas, si la phase est polyvalente pour l'équation linéaire (E), elle l'est aussi pour l'équation non linéaire (N).

La quantité Ω, qui remplace en définitive la fonction de Dirac qui figure implicitement au second membre de l'équation linéaire, quand on y envisage des solutions singulières, remplace de ce fait la singularité mathématique par une région étendue, et paraît susceptible de représenter la structure d'une particule (pour une particule isolée, $\Omega_0 = 0$ en dehors d'une petite région).

Le raccord des solutions singulières avec une solution régulière Ψ de l'équation linéaire suivant la loi du guidage est aussi possible dans le cas d'une phase polyvalente; mais la densité des singularités peut être alors arbitraire et sans rapport avec la densité ρ de l'onde Ψ.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Équivalence entre les principes des actions retardées et de l'entropie croissante.* Note de M. **Olivier Costa de Beauregard**, présentée par M. Louis de Broglie.

L'exclusion macroscopique des ondes avancées peut être déduite du dualisme ondes-corpuscules et du principe de l'entropie croissante. Le principe des actions retardées est *physiquement* impliqué dans la déduction du théorème H. Le principe des actions retardées équivaut au principe de l'entropie croissante pour l'ensemble des deux systèmes dont on considère l'interaction. Le principe d'évolution globale de l'univers peut être interprété en un sens subjectif qui est précisé.

1. *L'exclusion macroscopique des ondes convergentes (ou avancées) peut être déduite du dualisme ondes-corpuscules et du principe de l'entropie croissante.* — Voici un exemple plus simple encore que celui que nous avions déjà produit à ce sujet (¹). Un réseau plan diffracte une onde corpusculaire monochromatique. A une certaine onde plane incidente correspondent g ondes planes émergentes; nous ne perdons rien d'essentiel en postulant que les probabilités de transition d'un corpuscule incident vers chacune des g ondes émergentes sont égales. La symétrie entre avenir et passé du phénomène élémentaire est manifestée par le fait que, si le corpuscule émergeant est trouvé sur l'une des g ondes planes précédentes E_q, sans qu'on sache rien de plus, on est certain qu'il est arrivé sur l'une des g ondes planes incidentes I_p admettant E_q comme onde diffractée, avec des probabilités *a priori* égales.

Rendons l'expérience macroscopique, et supposons que dans des temps Δt égaux n corpuscules traversent en moyenne le plan $x = 0$ du réseau. Ces corpuscules doivent être traités comme discernables, car ils sont à répartir dans des cellules de la forme $\Delta y \Delta z \Delta t \Delta p_y \Delta p_z \Delta w$, mais, si l'intervalle d'impact δt entre deux corpuscules est grand devant l'inverse de la largeur spectrale $\Delta \nu$,

(¹) *Comptes rendus*, 216, 1953, p. 666.

ils peuvent être comptés séparément et tomber dans la même case $\Delta y \Delta z \Delta p_y \Delta p_z$ sans mutuelle interaction.

Nous pouvons toujours choisir Δt tel que n soit grand devant g. Les nombres des répartitions des n corpuscules dans les g cases I_p ou E_q sont des permutations avec répétitions, et un calcul élémentaire montre que la probabilité maxima correspond aux répartitions équitables de n/g corpuscules dans chaque case.

Expérimentalement, il est banal de réaliser des cas où l'on a les n corpuscules incidents sur la même onde plane I_p, ce qui correspond à la probabilité minima, et de retrouver les n corpuscules émergeants équitablement répartis sur les ondes E_q ce qui correspond à la probabilité maxima. La transition macroscopiquement symétrique de la précédente est en fait inobservable. Finalement, l'exclusion des ondes convergentes au profit des ondes divergentes équivaut au principe de la croissance maxima possible de la probabilité de répartition des corpuscules.

2. *Le principe des actions retardées est* physiquement *impliqué dans la déduction du théorème* H. — Il est aujourd'hui bien connu que, si l'on se donne à l'instant *zéro* une configuration macroscopiquement improbable, le théorème H appliqué en prédiction d'une part ($t > 0$, $t_{p+1} > t_p$), en rétrodiction de l'autre ($t < 0$, $t_{p+1} < t_p$) affirme une croissance probable de l'entropie avec $|t|$. Cela se voit aussi sur la formule simple donnée par Poincaré à propos des petites planètes (²).

La réponse à ce paradoxe est d'ordre non pas technique, mais épistémologique. *En fait* la configuration improbable existant à l'instant *zéro* ne résulte pas de l'évolution naturelle antérieure du système, mais d'une interaction limitée dans le temps de ce système avec un autre (explosion d'une grosse planète, goutte d'encre déposée au sein d'un verre d'eau avec une pipette, etc.). Autrement dit, si deux systèmes isolés entrent en interaction pendant un intervalle de temps limité $\Delta t = t_2 - t_1$, c'est un fait que celle-ci *donne* à l'instant t_2 chacun des deux systèmes dans une configuration improbable qui est le départ d'une évolution, mais que jamais elle ne les *cueille* à l'instant t_1 dans une configuration improbable qui serait le terme d'une évolution.

Ce concept d'une interaction limitée dans le temps est *physiquement* nécessaire à la déduction du théorème H. En appliquant à cette interaction le principe des actions retardées (sur chacun des deux systèmes partiels) on conclut à la croissance de l'entropie, tandis qu'au contraire en postulant un principe des actions avancées l'on arriverait à une loi de décroissance de l'entropie.

Finalement, le principe des actions retardées est, lui aussi, un principe essentiellement macroscopique et statistique. Il n'y a pas de principe des

(²) *Calcul des Probabilités*, 2ᵉ éd., Paris, 1912, chap. 7, nº 93; *La Science et l'Hypothèse*, chap. 11, § 3.

actions retardées pour le phénomène élémentaire qui, classique ou quantique, est complètement symétrique entre avenir et passé.

3 *Le principe des actions retardées équivaut au principe de l'entropie croissante pour l'ensemble des deux systèmes dont on considère l'interaction.* — Si une météorite traverse l'atmosphère terrestre, elle y émet des ondes balistiques et électromagnétiques retardées en perdant de l'énergie. Elle ne gagne pas de l'énergie en absorbant des ondes balistiques et électromagnétiques avancées. Ceci équivaut à dire qu'après l'interaction limitée dans le temps l'équipartition de l'énergie cinétique du système total météorite + atmosphère est plus approchée qu'avant.

Cet énoncé montre clairement que l'explication ultime de l'irréversibilité est à chercher non dans le phénomène élémentaire (totalement symétrique entre avenir et passé) mais dans une propriété globale de l'univers.

La réfutation du paradoxe de Loschmidt, ou de celui impliqué dans le « théorème du retour » de Poincaré, qu'on trouve dans les Traités, fait toujours appel à l'interaction du système soi-disant isolé avec le reste de l'univers. Si, en fait, il est impossible d'observer, avec un système un peu complexe, des périodes d'évolution à entropie décroissante, c'est parce qu'il est impossible d'isoler assez parfaitement un tel système (ne serait-ce que par obligation de l'observer), et que, par là, la flèche d'évolution globale de l'univers est imposée à toute évolution partielle.

4. *Le principe d'évolution globale de l'univers est finalement subjectif au sens que nous allons préciser.* Tout se passe comme si l'univers global se trouve donné à un instant *zéro* (passé) dans un état macroscopiquement très improbable. Il suit de là qu'à tout instant $t \neq 0$ la pente de la courbe de l'entropie a le même signe que t.

Maintenant, s'il se trouve que le temps biologique et psychologique explore la dimension temporelle de l'espace-temps quadridimensionnel dans le sens qui fait apparaître les entropies comme croissantes et les actions comme retardées, c'est un fait, et un fait qui ne ressortit pas à la seule physique.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Application à la Mécanique ondulatoire d'une nouvelle transformation de la relativité restreinte.* Note de M. **René Reulos**, transmise par M. Louis Néel.

Les premiers résultats de la Mécanique ondulatoire ont été obtenus en transformant une onde stationnaire *scalaire* Ψ associée au corpuscule au repos, à l'aide de la transformation de Lorentz. L'auteur transforme une onde de même forme, mais *vectorielle*, par la transformation qu'il a découverte. L'onde associée vérifie les équations de Proca, de Louis de Broglie, de Maxwell et de Lorentz.

Considérons un corpuscule de masse m, de charge e, animée d'une vitesse $\vec{v}$ de composantes v_1, v_2, v_3, dans un système de référence galiléen Σ^1. Supposons

en outre que ce corpuscule soit soumis à l'action d'un champ électromagnétique dérivant du potentiel vecteur **A**, quadrivecteur d'univers de composantes A_k, avec $A_4 = iU$, U étant le potentiel scalaire. Soient x_k les coordonnées d'univers du corpuscule (avec $x_4 = ict$, t temps propre au système Σ^1). Nous avons ainsi $v_4 = dx_4/dt = ic$, et au vecteur vitesse $\vec{v}$, nous associons le quadrivecteur d'univers **V**. Ce vecteur a pour module $V = \left(\sum_1^4 v_k^2\right)^{\frac{1}{2}}$. Une transformation de la Relativité restreinte, déterminée par le vecteur $\vec{v}$, définit le système de référence Σ_0 dans lequel le corpuscule est au repos et possède la masse au repos m_0. La nouvelle transformation ([1]) revêt alors une forme intéressante, parce que $mV = im\sqrt{c^2 - v^2} = imc\sqrt{1 - v^2/c^2} = im_0 c$, et la transformation a pour matrice

$$(1)\qquad R = \frac{1}{V}\begin{pmatrix} v_4 & -v_3 & v_2 & -v_1 \\ v_3 & v_4 & -v_1 & -v_2 \\ -v_2 & v_1 & v_4 & -v_3 \\ v_1 & v_2 & v_3 & v_4 \end{pmatrix} = \frac{1}{im_0 c}\begin{pmatrix} p_4 & -p_3 & p_2 & -p_1 \\ p_3 & p_4 & -p_1 & -p_2 \\ -p_2 & p_1 & p_4 & -p_3 \\ p_1 & p_2 & p_3 & p_4 \end{pmatrix},$$

avec $p_k = mv_k$, de sorte que les x_k et les p_k *se trouvent conjugués dans une même forme bilinéaire et symétrique par rapport à ces quantités*, (nous rappelons que la transformation de Lorentz, sous sa forme générale, est bien linéaire par rapport aux x_k, mais qu'elle est quadratique par rapport aux v_k). D'autre part, la quantité de mouvement P, se compose d'un terme cinématique, $P = m\mathbf{v}$, augmenté d'un terme d'interaction électromagnétique $\mathbf{A}e/c$, que nous avons appelé ([2]) « impulsion potentielle ». Nous avons la relation $P_k = p_k + e/c\,A_k$. avec $P_4 = i/c(mc + eU) = iW/c$. On peut aussi écrire

$$(2)\qquad p_k = P_k - \frac{e}{c}A_k, \qquad \text{avec} \quad p_4 = \frac{i}{c}(W - eU).$$

Soit Ψ^1 l'onde associée au corpuscule dans le système Σ^1. Soit Ψ^0 cette même onde dans le système Σ^0. Nous supposons que Ψ^1 est un vecteur d'univers complexe et covariant. L'onde transformée Ψ^0 s'obtiendra en exprimant Ψ^1 à l'aide des nouvelles coordonnées et en effectuant sur Ψ^1 la transformation

$$(3)\qquad \Psi^0 = R\Psi^1$$

(Ψ^0 et Ψ^1 sont des matrices à une colonne et quatre éléments). On peut imposer à Ψ^0 d'être réel.

Cette relation entraîne, $\tilde{R}$ étant la transformation inverse (et transposée)

([1]) R. Reulos, *Comptes rendus*, **241**, 1955, p. 1107.

([2]) R. Reulos, *Ann. Inst. Fourier*, **5**, 1953-1954, p. 515.

de R :

(4) $$\Psi^1 = \tilde{R}\Psi^0$$

($\tilde{R}$ étant la transformation inverse et transposée de R).

A partir de ces considérations purement relativistes, c'est-à-dire, ne découlant que de la géométrie dans un espace euclidien à quatre dimensions, l'auteur introduit *l'idée quantique*, sous la forne du système différentiel

(5) $$i\hbar\frac{\partial \Psi_r^s}{\partial x_k} = P_k\Psi_r^s$$

(avec $s = 0$ ou 1, k et r étant choisis parmi les nombres 1, 2, 3, 4), lequel système *traduit l'hypothèse fondamentale de la Mécanique Ondulatoire*. Si nous éliminons les P_k et les p_k des équations 1 à 5, nous retrouvons le système d'équations ([3]) de notre théorie.

Nous rappelons que ce système qui paraît être le plus général des systèmes ondulatoires linéaires du type hyperbolique, *admet pour solution l'onde plane monochromatique de la mécanique ondulatoire*, (laquelle vérifie la relation de Louis de Broglie $\lambda = h/P$ et se propage avec la vitesse de phase $V = c^2/v$), et qu'elle contient les équations de Maxwell, et de Lorentz vérifiée par les champs de la théorie classique, ainsi que les équations plus complètes, proposées par Louis de Broglie (photon), Alexandre Proca (électron et méson), Florent Bureau. Par contre il ne contient pas les équations de Dirac. En effet, celle-ci, peuvent se mettre sous la forme $S\Psi = 0$ avec

$$S = \frac{1}{m_0 c}\begin{pmatrix} p_4 + m_0 c & 0 & p_3 & p_1 + ip_2 \\ 0 & p_4 + m_0 c & p_1 - ip_2 & -p_3 \\ p_3 & p_1 + ip_2 & p_4 - m_0 c & 0 \\ p_1 - ip_2 & -p_3 & 0 & p_4 - m_0 c \end{pmatrix}$$

et cette matrice essentiellement dissymétrique que l'on comparera à (1), relève d'un formalisme différent.

Enfin, si l'on admet que Ψ^0 a la forme $Ae^{2\pi i \nu_0 t}$ proposée par Louis de Broglie pour son *onde scalaire* ([4]), on peut montrer que cette onde vérifie le système différentiel simple

$$\left(\frac{\partial}{\partial t} - \frac{i}{\hbar}W_0\right)\Psi_k^0 = 0, \qquad \frac{\partial}{\partial x_k}\Psi_k^0 = 0,$$

lequel se transforme en (5) à l'aide de la transformation relativiste classique ([5]), ou de la nouvelle transformation (les calculs se conduisant de la même manière dans les deux cas), mais du fait que (5) généralise le système précédent, il en

([3]) R. Reulos, *Ann. Inst. Fourier*, 5, 1953-1954, p. 539.

([4]) L. de Broglie, *Particules à Spin*, p. 2.

([5]) R. Reulos, *Ann. Inst. Fourier*, 5, 1953-1954, p. 528 à 537.

résulte que Ψ_k^0, solution de ce dernier, vérifie aussi le système (5). Ainsi, tous les résultats annoncés ci-dessus, peuvent être déduits de l'hypothèse originale de M. Louis de Broglie, et des propriétés de la nouvelle transformation.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur l'électrodynamique des milieux ionisés turbulents.* Note de M. **Théo Kahan**, présentée par M. Louis de Broglie.

La découverte (1) d'un nouveau mode de transmission des ondes radioélectriques a attiré l'attention des physiciens sur la diffusion des ondes électromagnétiques due aux fluctuations aléatoires de l'indice de réfraction de l'ionosphère. Ces fluctuations se ramèneraient, en dernière analyse, aux perturbations de nature turbulente dont ce milieu est le siège. S'appuyant sur cette hypothèse, on a pu calculer la puissance diffusée qui se trouve liée à la quantité (2)

$$c(\mathbf{k}, t) = \sum_{k'} \sum_{k''} (\mathbf{k}.\mathbf{v}_{k'})\,(\mathbf{k}.\mathbf{v}_{k-k'})\,(\mathbf{k}.\mathbf{v}_{k''-k}),$$

où $\mathbf{v}_{k'}(t)$ est le coefficient de Fourier dans la direction $\mathbf{k}'$ du champ de vitesse turbulent $\mathbf{v}(\mathbf{r}, t)$ avec

$$\frac{1}{2}\sum_{k} \mathbf{v}_k.\mathbf{v}_{-k} = \int_0^\infty \mathrm{F}(k)\,dk,$$

$\mathrm{F}(k)$ étant la distribution de l'intensité spectrale dont l'expression analytique est

$$\mathrm{F}(k) \sim k^{-\frac{5}{3}}\left(1+\frac{k}{k_0}\right)^{-\frac{4}{3}}.$$

Pour $k \ll k_0$, $\mathrm{F}(k) \sim k^{-5/3}$ et pour $k \gg k_0$, $\mathrm{F}(k) \sim k^{-7}$, k_0 étant une constante caractéristique du milieu turbulent envisagé.

$\mathbf{k}$ est la différence entre les vecteurs de propagation (nombre d'onde) de l'onde incidente et de l'onde diffusée. Les valeurs permises de $\mathbf{k}'$ et $\mathbf{k}''$ sont celles qui correspondent au développement dans un cube d'arête L_0, L_0 étant la dimension linéaire du plus gros tourbillon du milieu turbulent.

Deux hypothèses implicites se trouvent à la base de ces théories de la diffusion turbulente. En premier lieu on ne tient pas compte des diffusions multiples, ce qui peut se légitimer dans certaines parties, de petite densité électronique ou ionique, de l'ionosphère. Il n'en est plus de même dans les plasmas plus

(1) Bailey, Bateman, Berkner, Booker, Montgomery, Puriell, Salisbury et Wiesner, *Phys. Rev.*, 86, 1952, p. 141.

(2) H. G. Booker et W. E. Gordon, *Proc. Inst. Rad. Eng.*, 38, 1950, p. 401; F. Villars et V. F. Weisskopf, *Phys. Rev.*, 94, 1954, p. 232; R. A. Silverman et M. Balser, *Phys. Rev.*, 96, 1954, p. 560.

denses et de caractère plus général. Il sera donc intéressant de reprendre ces calculs dans le cadre plus large des diffusions multiples.

Une seconde hypothèse conduit à admettre la théorie de la turbulence isotrope, homogène et stationnaire issue des travaux de Kolmogoroff [3], de Heisenberg, de v. Weizsäcker, de J. Bass, de Kampé de Fériet, etc. Or, le point de départ de la théorie de la turbulence est liée à l'équation de Navier mise sous la forme

$$\frac{\partial \mathbf{v}}{\partial t} + (\mathbf{v}.\nabla)\mathbf{v} = -\frac{\nabla p}{\rho} + \nu\Delta\mathbf{v}. \tag{1}$$

Or, dans les plasmas de nature et de propriétés plus générales, sièges de champs électromagnétiques rapidement et lentement variables, et rendus biréfringents par l'effet de champs magnétiques, il apparaît que la force de Lorentz est susceptible de modifier profondément, entre autre, le caractère isotrope de la turbulence, ce qui amène à mettre les équations de Navier sous la forme

$$\frac{\partial \mathbf{v}}{\partial t} + (\mathbf{v}.\nabla)\mathbf{v} = \frac{1}{\rho}(\rho_e\mathbf{E} + \mu\mathbf{j}\wedge\mathbf{H}) - \frac{1}{\rho}\nabla p + \nu\Delta\mathbf{v}, \tag{2}$$

ρ_e et $\mathbf{j}$ étant définis par les équations de Maxwell

$$\operatorname{div}\varepsilon\mathbf{E} = 4\pi\rho_e, \qquad 4\pi\mathbf{j} = -\frac{\varepsilon}{c}\frac{\partial \mathbf{E}}{\partial t} + \operatorname{rot}\mathbf{H}, \qquad \text{avec } \operatorname{div}\mathbf{H} = 0$$

et

$$\frac{\mu}{c}\frac{\partial \mathbf{H}}{\partial t} = -\operatorname{rot}\mathbf{E},$$

ε étant en général un tenseur de second ordre.

Dans ces plasmas, de caractère très général, le champ électrique $\mathbf{E}$ et le champ magnétique $\mathbf{H}$ sont susceptibles de comporter des composantes fluctuantes. Ces composantes $\mathbf{E}_f$ et $\mathbf{H}_f$ doivent être à leur tour développées en séries de Fourier

$$\mathbf{E}_f(\mathbf{r}) = \int \mathbf{E}(\mathbf{k})\, e^{i\mathbf{k}.\mathbf{r}}\, d\mathbf{r}, \qquad \mathbf{H}_f(\mathbf{r}) = \int \mathbf{H}(\mathbf{k})\, e^{i\mathbf{k}.\mathbf{r}}\, d\mathbf{r}$$

à la manière du champ de vitesse $\mathbf{v}$ et de la pression p. Il apparaît dès lors nécessaire, dans la théorie générale de la diffusion turbulente des ondes électromagnétique, de prendre pour base des calculs les équations de Navier modifiées (2), tout en tenant compte de la diffusion multiple.

---

[3] A. N. Kolmojoroff, *C. R. Ac. Sc. U. R. S. S.*, 30, 1941, p. 301 ; C. F. V. Weizsäcker, *Z. Phys.*, 124, 1948, p. 614; W. Heisenberg, *ibid.*, 124, 1948, p. 628 ; J. Bass, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 228; L. Agostini et J. Bass, *Les Théories de la Turbulence*, Paris, 1950.

MAGNÉTOSTATIQUE. — *Calcul numérique de l'induction d'une lentille électronique magnétique sans rotation.* Note de M. **Michel Laudet**, présentée par M. Gaston Dupouy.

La lentille étudiée a la forme indiquée sur la figure 1. Elle comprend deux bobines dans lesquelles les intensités de courant sont égales et opposées. Un tel dispositif est utilisé en optique électronique lorsqu'on veut supprimer la rotation de l'image et réduire la distorsion.

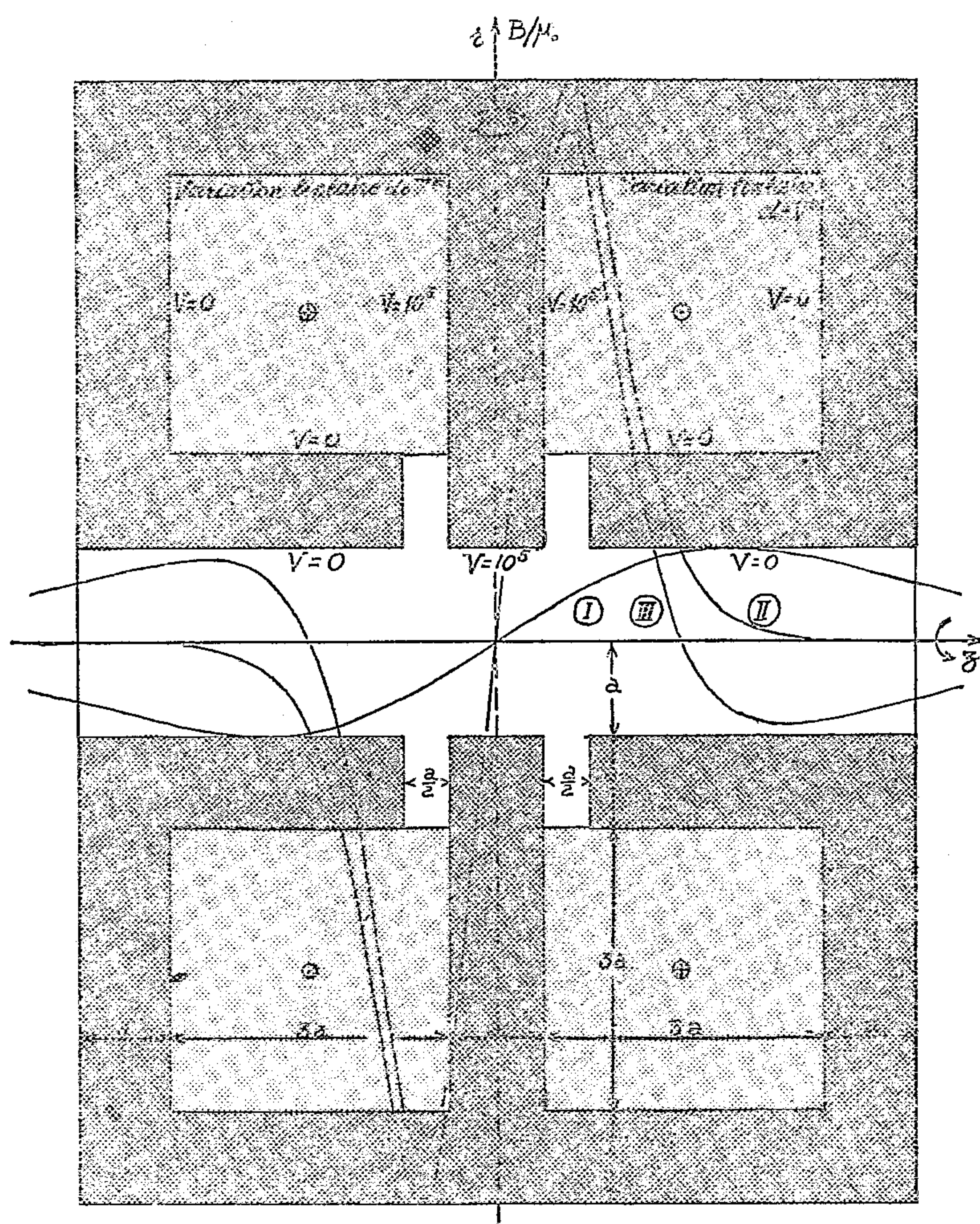


Fig. 1.

Nous avons effectué les calculs par la méthode des itérations successives à partir de la fonction potentiel scalaire V* dont la supériorité sur la fonction flux F apparaît clairement dans le cas où la perméabilité du blindage est,

comme dans cet exemple, supposée infinie. On sait qu'il existe alors une infinité de feuillets magnétiques associés à la distribution de courant ([1]). Nous avons utilisé celui conduisant pour V^*, aux valeurs aux limites indiquées sur la figure (1). Les résultats numériques obtenus n'ont pas été donnés dans cette Note.

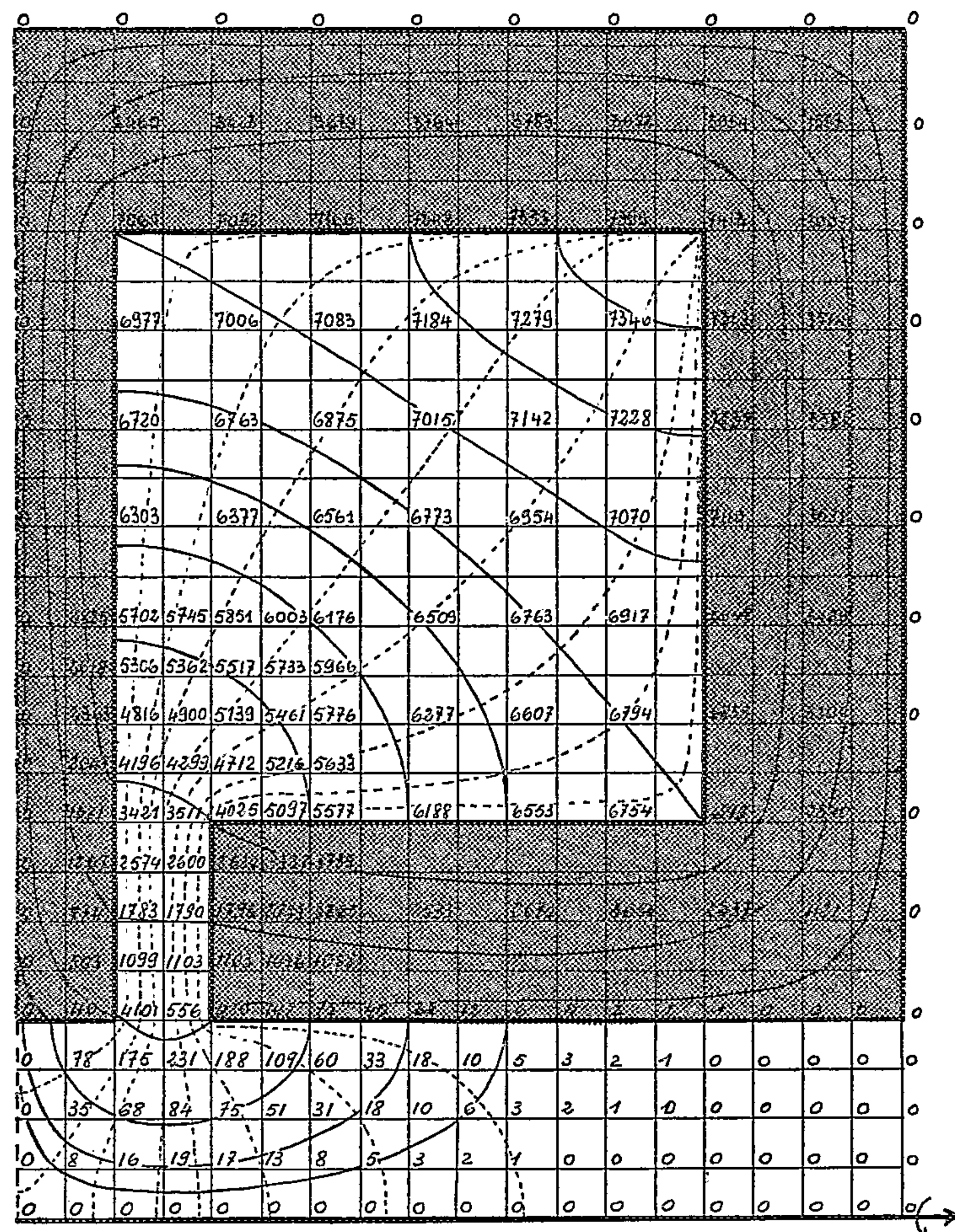


Fig. 2.

Le calcul de l'induction B sur l'axe de la lentille a été effectué à partir des valeurs de V^* par la formule $B/\mu_0 = -\partial V^*/\partial z$ préalablement transformée en équation aux différences finies. Les résultats sont représentés sur la figure 1 (courbe II). Sur cette même figure on a porté l'induction du solénoïde seul ([2])

([1]) E. Durand, *Comptes rendus*, 240, 1955, p. 2390.

([2]) E. Durand, *Électrostatique et Magnétostatique*, Masson, Paris, 1953, p. 461.

(courbe I). La courbe III représente la différence de ces deux courbes. Elle correspond donc à l'induction produite par l'aimantation du blindage.

Le calcul de l'induction dans le fer ne peut être fait à partir de V^*; il faut avoir recours à la fonction flux F définie par

$$\frac{B_z}{\mu_0} = \frac{1}{r}\frac{\partial F}{\partial r}, \qquad \frac{B_r}{\mu_0} = -\frac{1}{r}\frac{\partial F}{\partial z}$$

qui est continue à la traversée du blindage et qui à l'intérieur obéit à l'équation

$$\frac{\partial^2 F}{\partial z^2} + \frac{\partial^2 F}{\partial r^2} - \frac{1}{r}\frac{\partial F}{\partial r} = 0,$$

F peut être déterminé partout à l'intérieur du fer par itérations successives. Il suffit donc d'avoir les valeurs de F sur les limites du blindage. Ces valeurs ont été calculées de proche en proche à partir de celles obtenues pour V^* par la méthode utilisée par E. Durand (3).

Les résultats sont indiqués sur la figure 2. Les calculs ont été effectués en prenant pour l'intensité totale du courant, la valeur $I = 2.10^5$. On a ensuite supprimé deux chiffres dans le résultat définitif. Les nombres donnés correspondent donc, en fait, à la valeur $I = 2.10^3$. Pour ne pas trop surcharger la figure, nous avons donné seulement les valeurs de F aux nœuds d'un réseau dont les mailles sont doubles de celles effectivement utilisées pour le calcul. On a tracé sur cette figure quelques lignes équiflux F = const. qui, on le sait, coïncident avec les lignes d'induction. Nous avons également donné en pointillés l'allure de leurs trajectoires orthogonales qui à l'extérieur de la distribution de courant, ne sont autres que les équipotentielles.

ÉLECTRONIQUE. — *Perfectionnement d'un spectrographe à résonance paramagnétique électronique. Application à l'étude du diphénylpicrylhydrazile.* Note de Mlle Ginette Berthet, présentée par M. Louis de Broglie.

La sensibilité du spectrographe à résonance paramagnétique électronique dans la bande des 3 cm (1) peut être repérée par le nombre minimum de centres paramagnétiques d'une substance déterminée, le diphénylpicrylhydrazile (DPPH) qu'il permet de déceler.

Par ce moyen, j'ai étudié l'amélioration du montage lorsque la puissance du klystron émetteur augmente. On doit s'attendre, si le cristal détecteur travaille dans la zone dite linéaire, à ce que la sensibilité du spectrographe augmente comme la racine carrée de la puissance appliquée, tant que l'échantillon n'est

(3) *Annales de Physique* (à paraître).

(1) G. Berthet, *L'onde électrique*, 338, 1955, p. 489.

pas saturé; mais ce gain ne peut être réalisé que si le bruit de fond, dû à la source n'augmente pas corrélativement. Le klystron utilisé dans le montage antérieur, de puissance nominale de 30 à 40 mW a été remplacé par un klystron baucoup plus puissant.

L'examen des caractéristiques de fonctionnement de celui-ci m'a conduit à l'utiliser dans les conditions suivantes :

Fréquence, 9 400 MHz; λ, 3,20 cm; puissance, 3 W.

Tension cathode-anode, — 2300 V; débit, 80 mA.

Tension réflecteur-cathode, — 1 200 V.

Tension wehnelt-cathode, — 70 V.

Mon premier soin a été d'éviter les fluctuations parasites d'intensité et de fréquence en stabilisant très soigneusement les sources d'alimentation. Ainsi, j'ai utilisé deux sources séparées, l'une pour la cathode, stabilisée au 1/10 000e, l'autre pour le réflecteur et le whenelt, stabilisée avec la même précision, ce qui est plus facile, vu le faible débit.

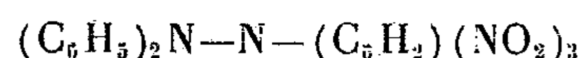
J'ai alors comparé les sensibilités du même spectrographe alimenté par l'un ou l'autre klystron en évaluant la quantité minimum de DPPH décelable par une raie de résonance de hauteur cinq fois supérieure au bruit de fond :

— avec l'ancien klystron, le spectrographe est sensible à 40 μg de DPPH;

— avec le nouveau klystron, il devient sensible à 4,5 μg de DPPH, soit environ 6.10^{15} centres paramagnétiques.

On obtient donc le gain de sensibilité de 9 lorsque la puissance du klystron est environ multipliée par 100, ce qui prouve que les klystrons puissants n'apportent pas de bruit anormalement grand. Mais on n'est pas sûr que l'amélioration notée ne vienne pas en partie d'un fonctionnement meilleur du détecteur. En effet, dans le cas du klystron puissant, le détecteur travaille sûrement dans la zone dite linéaire alors que dans le cas d'un klystron de faible puissance, il travaille à la limite de la zone dite quadratique et de la zone dite linéaire.

Pour éprouver le montage, j'ai étudié systématiquement à la fréquence de 9 400 MHz, les courbes de résonance paramagnétique électronique de solutions de diphényl-picryl-hydrazile (DPHH) de formule



$$(C_6H_5)_2N{-}N{-}(C_6H_2)(NO_2)_3$$

à des concentrations différentes.

Le solvant était en général le benzène. Toutefois, j'ai fait quelques essais sur des solutions dans le méthylcyclohexane qui présente l'avantage de rester liquide à de basses températures, jusqu'à 126,4° C. J'espérais ainsi opérer à une température assez basse pour bénéficier d'une intensité du signal plus grande, due à la loi paramagnétique en 1/T. Mais malheureusement, ce corps est un solvant médiocre du DPPH, inconvénient qui s'accentue à basse température. En particulier, il faut prendre grand soin à ce qu'il n'apparaisse pas

au refroidissement, de fines particules de DPPH solides, qui sont ensuite difficiles à éliminer par filtrage. Ces aiguilles solides donnent à la courbe de réso-

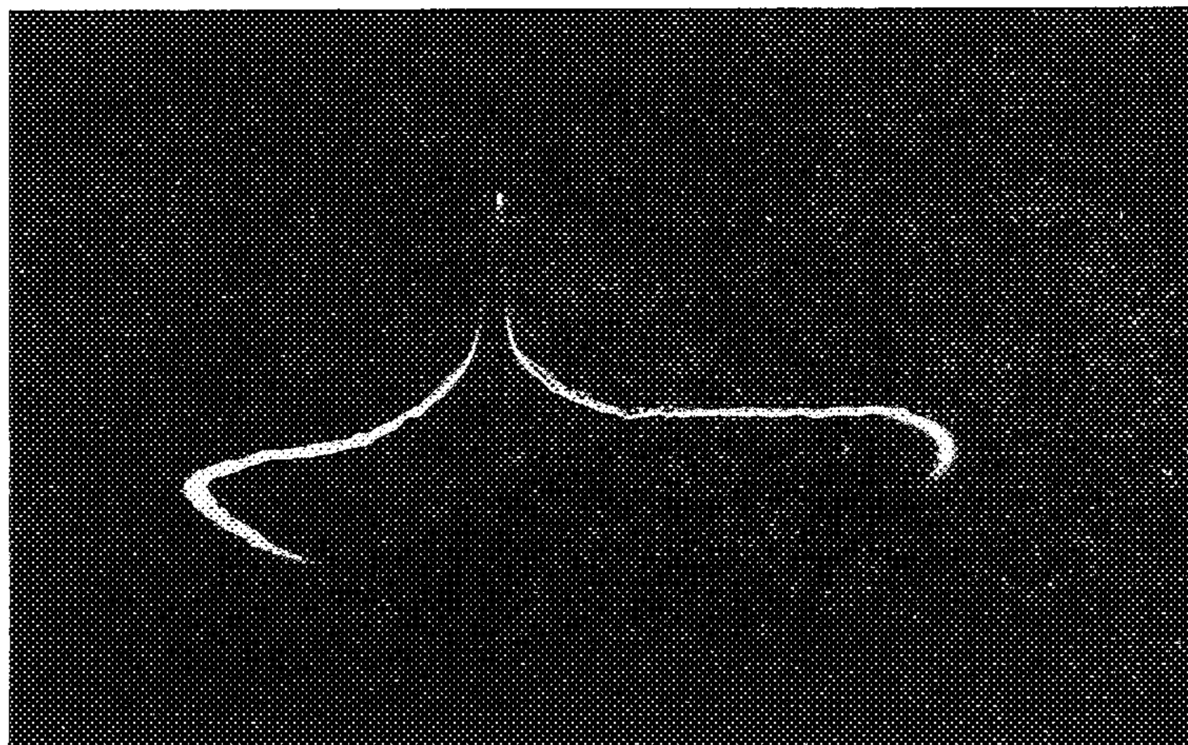


Fig. 1. — Courbe de résonance composite d'une solution de DPPH dans le méthylcyclohexane (Superposition de la raie large de la solution et de la raie étroite du solide.)

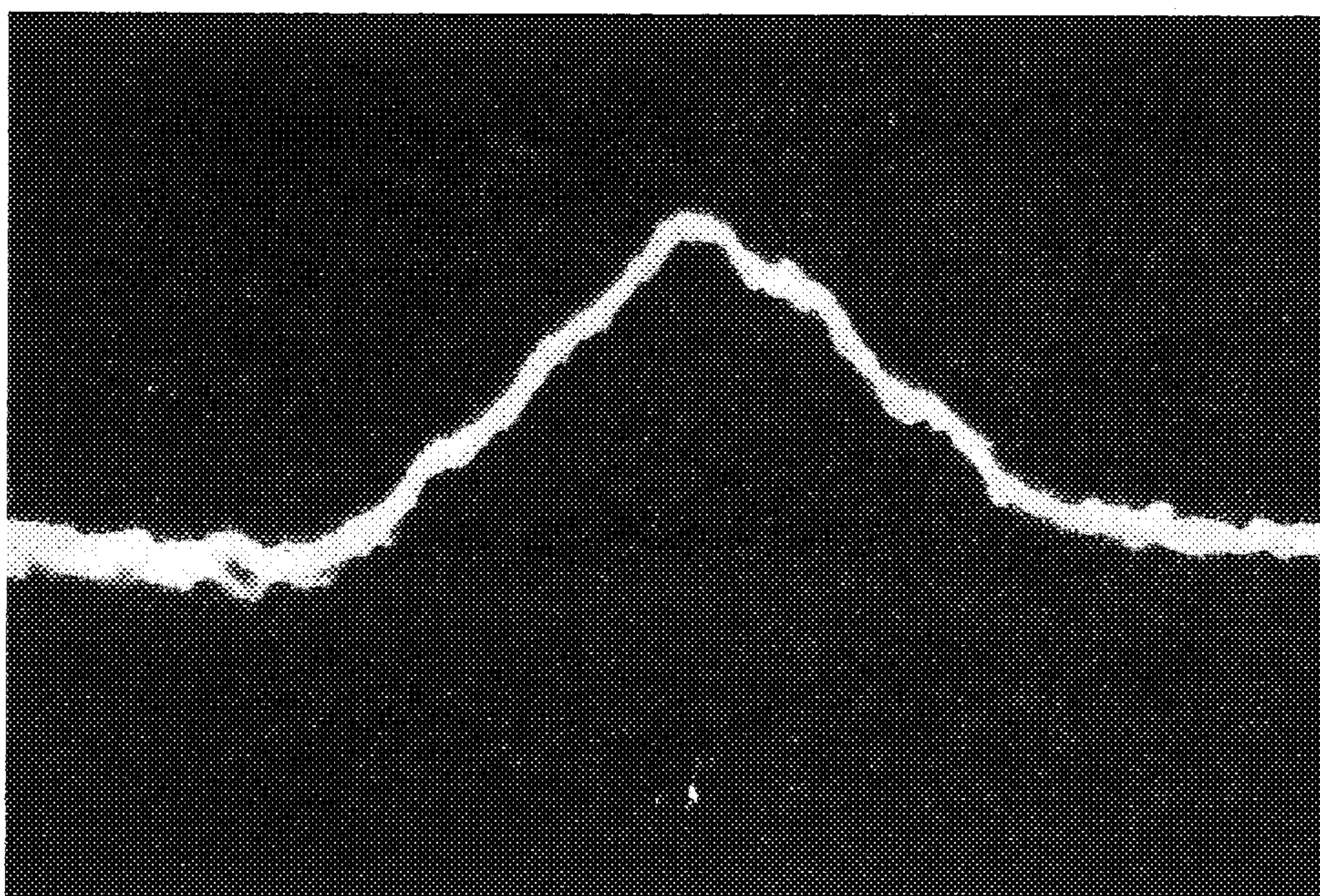


Fig. 2. — Courbe de résonance d'une solution M/200 de DPPH dans le benzène (On peut observer les cinq pics dus à la structure hyperfine.)

nance un aspect composite (*fig.* 1) : superposition de la raie large de la solution et de la raie fine du solide.

Malgré ces difficultés, j'ai pu obtenir quelques courbes de résonance sur les solutions dans le méthylcyclohexane, qui semblent présenter les mêmes propriétés que les solutions benzéniques.

En utilisant des solutions benzéniques de dilution croissante, j'ai observé l'élargissement de la raie de résonance due à la diminution des forces d'échange. Mes mesures sont en accord satisfaisant avec celles de C. A. Hutchinson, Jr R. C. Pastor et A. G. Kowalsky (²).

J'ai obtenu les résultats suivants :

Solution M/10 (décimolaire) de DPPH dans le benzène, largeur à mi-hauteur, 16 Oe;

Solution M/50 de DPPH dans le benzène, largeur à mi-hauteur, 26 Oe.

Pour une solution M/200, la largeur à mi-hauteur est de 30 Oe et l'on voit apparaître la structure hyperfine (*fig.* 2) en accord avec les observations antérieures (²), (³), (⁴).

Les cinq pics de résonance, symétriques 2 à 2, par rapport au pic central sont équidistants et à la concentration M/200, leur distance respective est de 11 Oe. La forme de la courbe de résonance ne change pas lorsqu'on augmente encore la dilution.

RADIOÉLECTRICITÉ. — *Sur le calcul des résistances shunts des cavités du type « rhumbatron »*. Note de M. **Wassek Chahid**, présentée par M. Louis de Broglie.

Notre but est d'exprimer la résistance shunt d'une cavité du type rhumbatron, en fonction du champ sur l'axe. L'avantage d'une telle expression, le facteur de qualité Q_0, étant mesuré, est de ramener le calcul de la résistanc shunt à celui d'une expression ne contenant que le champ axial. La méthode est appliquée au calcul des résistances shunts des accélérateurs linéaires du type Alvarez.

1. La résistance shunt R d'une cavité vue de son axe est

$$\frac{R}{Q_0} = \frac{\left[\int E_z(o)\,dz\right]^2}{2\omega_0 W}, \tag{1.1}$$

Q_0 est la qualité de la cavité, ω_0 sa fréquence de résonance, W son énergie moyenne totale, et $E_z(o)$ le champ axial qui est purement électrique et longitudinal (mode E_{010}). Dans cette expression, c'est l'énergie W dont le calcul, à partir de la répartition du champ, est long et pénible. Je propose ici une méthode de perturbation, avantageuse, pour éviter ces difficultés. W.G.L. Hall

(²) *J. Chem. Phys.*, 20, 1952, p. 534.

(³) H. S. Jarret, *J. Chem. Phys.*, 21, 1953, p. 761.

(⁴) C. Kikuchi et V. W. Cohen, *Phys. Rev.*, 93, 1954, p. 394.

et Parzen [1] ont utilisé une méthode de ce genre, pour mesurer le champ, tandis qu'ici je vais calculer l'intégrale à partir du champ axial.

2. Nous disposons suivant l'axe de la cavité un fil diélectrique de constante ε, de rayon a, et de volume ΔV négligeable par rapport au volume total V. La fréquence de résonance se trouve ainsi perturbée d'une quantité $\Delta\omega_0 \ll \omega_0$, le champ en dehors du fil restant sensiblement le même. Soit H_0, E_0, les champs initiaux et $H_0 + H_1$, $E_0 + E_1$ leurs nouvelles valeurs; la fréquence $\omega_0 + \Delta\omega_0$ est donnée par la relation [2]

$$(2.1) \qquad -\frac{\Delta\omega_0}{\omega_0} = \frac{\int_{\Delta V} \{(H_0.(B_1 - H_1)) + (E_0.(E_1 - D_1))\}\, dv}{\int_V (|H_0|^2 + |E_0|^2)\, dv}.$$

Or, sur l'axe et dans le domaine perturbé, $0 \leqq r \leqq a$, le champ magnétique est nul ou négligeable, le champ électrique se réduit sensiblement à sa composante $E_z(0)$ (champ axial). On a de plus

$$D = E + 4\pi P = \varepsilon E \qquad \text{et} \qquad D_0 = E_0$$

(P, vecteur intensité de polarisation), donc à l'intérieur du fil :

$$D_1 = D - D_0 = E_1 + 4\pi P.$$

Comme d'autre part

$$4\pi P = (\varepsilon - 1) E = (\varepsilon - 1)(E_0 + E_1),$$

il en résulte

$$E_1 - D_1 = -4\pi P = 4\pi(1 - \varepsilon)(E_0 + E_1).$$

la relation (2.1) devient donc

$$(2.2) \qquad \frac{\Delta\omega_0}{\omega_0} = 4\pi(\varepsilon - 1)\frac{\int_{\Delta V} E_0(E_0 + E_1)\, dv}{\int_V (|H_0|^2 + |E_0|^2)\, dv}.$$

On peut montrer, dans le type des cavités considéré, que E_1 reste négligeable dans le fil; considérons en effet deux cas :

1° Pour les petites valeurs de la largeur de coupure $2l$ (*voir* la figure) la région du fil occupée par le champ est très petite par rapport à la longueur d'onde, de telle sorte qu'on peut assimiler ce cas à un problème d'électrostatique. Le champ à l'intérieur du fil est sensiblement égal au champ initial E_0, quel que soit ce dernier.

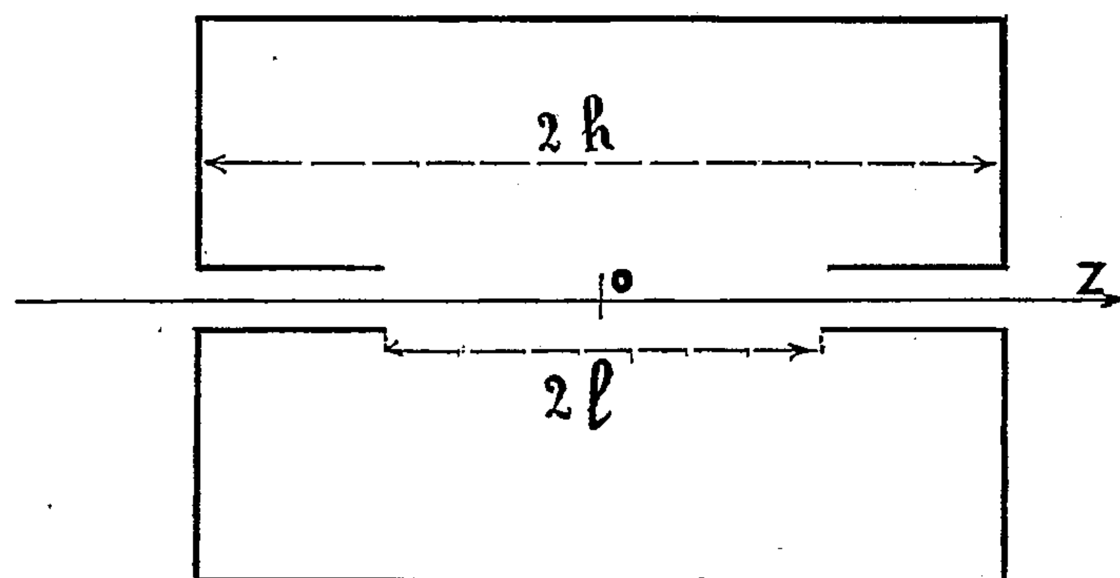
2° Si la largeur de la coupure est plus grande, le champ axial tend progres-

---

(1) *Proc. Inst. Rad. Eng.*, 41, 1953, p. 1769.

(2) H. B. G. Casimir, *Philips Res.*, Rep. 6, 1951, p. 162.

sivement vers une structure uniforme le long de l'axe pour s'annuler dans les tubes ([3]). On peut alors considérer le fil comme un ellipsoïde mince et allongé, placé de façon que son grand axe soit parallèle au champ initial, et dans ce cas le champ à l'intérieur du fil est voisin du champ initial.



On peut donc conclure que le champ à l'intérieur du fil n'est perturbé que d'une petite valeur E_1 négligeable par rapport à E_0 (l'accord de ces prévisions avec l'expérience a été vérifié avec une bonne approximation). La relation (2.2) devient donc

$$(2.3) \qquad \frac{\Delta\omega_0}{\omega_0} = 4\pi(\varepsilon - 1)\frac{\int_{\Delta v} E_0^2\, dv}{\int_V (|H_0|^2 + |E_0|^2)\, dv} = \frac{\varepsilon - 1}{4}\frac{\int_{\Delta v} E_0^2\, dv}{W},$$

reportons la valeur de W tirée de (2.3) dans (1.1)

$$\frac{R}{Q_0} = \frac{\Delta\omega}{\omega_0}\frac{\left[\int E_z(0)\, dz\right]^2}{\int E_z^2(0)\, dz}\frac{1}{\pi^2 a^2(\varepsilon - 1)f}$$

$f = \omega_0/2\pi$ est la fréquence.

Donc

$$(2.4) \qquad R = Q_0\frac{\left[\int E_z(0)\, dz\right]^2}{\int E_z^2(0)\, dz}\frac{\Delta\omega}{\omega_0}\frac{3{,}6 \cdot 10^{12}}{\pi a^2(\varepsilon - 1)f} \quad \text{(ohms)}$$

à condition de mesurer les longueurs en centimètres.

Une prochaine publication sera consacrée à l'application de cette méthode au calcul des résistances shunts des accélérateurs linéaires en comparant nos résultats avec deux autres méthodes dont l'une est celle de la référence ([1]).

([3]) W. Chahid, *Comptes rendus*, 239, 1954, p. 42.

Remarque. — Un fil métallique peut aussi être utilisé dans cette méthode, son diamètre doit toujours être petit. Le champ à l'intérieur du fil est nul : $E_0 = -E_1$, et la relation (2.1) devient

$$\frac{\Delta\omega}{\omega_0} = \frac{\int_{\Delta v} E_0^2 \, dv}{16\pi W}.$$

SPECTROSCOPIE. — *Sur le spectre d'absorption de* N_2O *dans l'ultraviolet extrême.* Note de Mlle **Nicole Astoin** et Mme **Janine Granier**, présentée par M. Eugène Darmois.

Le spectre d'absorption de N_2O gazeux a été étudié entre 100 et 1100 Å, il montre des systèmes de bandes diffuses superposées à une absorption continue.

Dans le cadre des travaux faits au laboratoire sur les oxydes de l'azote, nous avons pensé compléter les résultats obtenus sur les spectres d'absorption dans l'ultraviolet de Schumann [1] par une étude analogue dans l'ultraviolet extrême. La présente Note concerne l'oxyde azoteux.

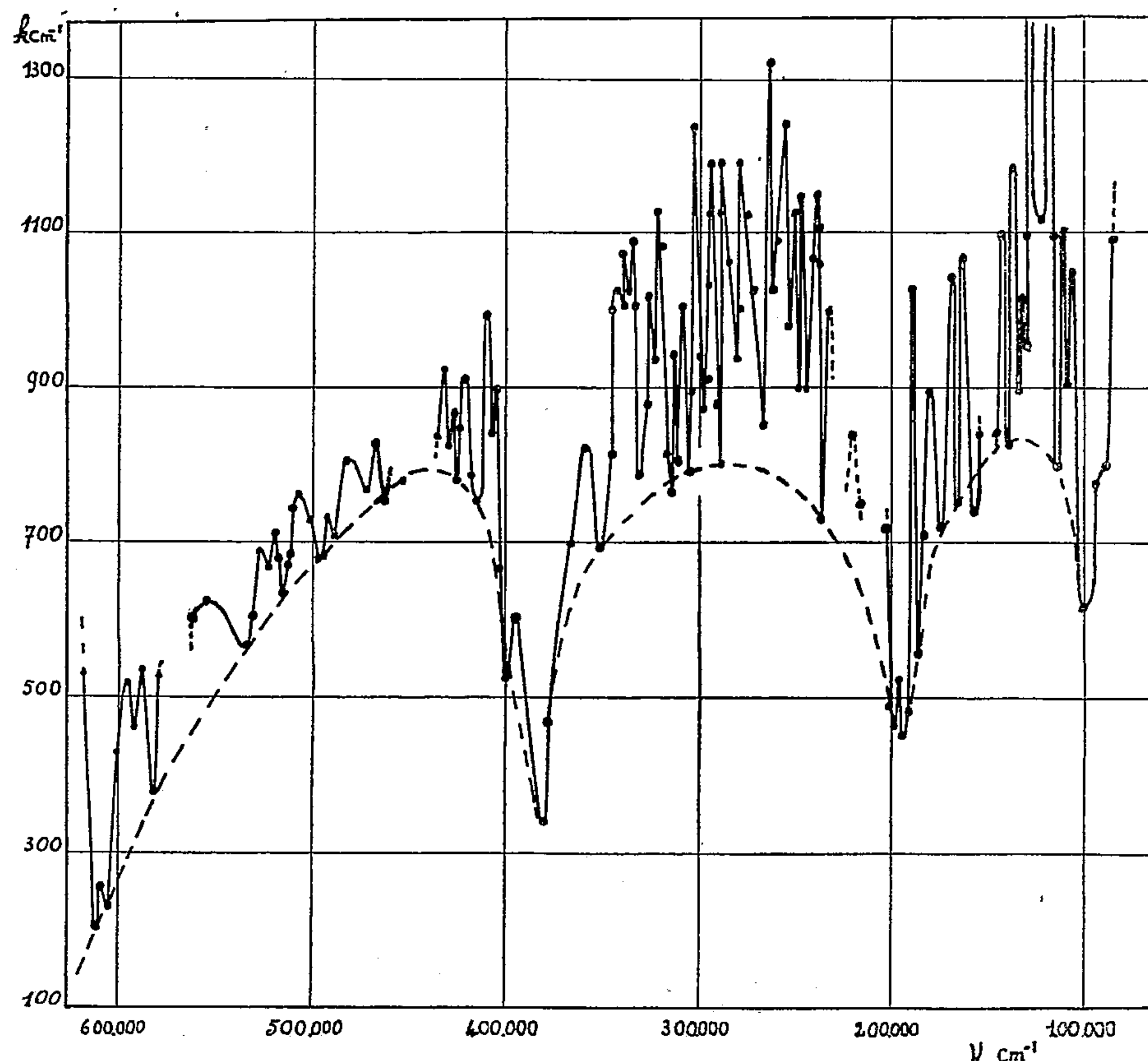
Le spectrographe à réseau utilisé en incidence rasante est celui mis au point par l'une de nous [2] : la source est une étincelle glissante entre des électrodes variées : fer-cuivre-uranium. Bien que le domaine d'utilisation de l'appareil couvre la région 100-1100 Å, les mesures intéressent principalement la région 150-500 Å où le spectre d'émission de la source est le plus riche en raies.

Le gaz distillé suivant des procédés connus [1] est introduit directement dans le spectrographe; en raison de la géométrie du montage (chassis long très incliné par rapport au faisceau diffracté) l'épaisseur de gaz traversé est variable d'une extrémité à l'autre du spectre (de 50 à 80 cm) et pour une même longueur d'onde dépend de l'ordre dans lequel on l'observe. Les pressions de gaz utilisées sont de l'ordre de 3/100e mmHg, $\pm 25\,\%$. L'étalonnage du film se fait par variation de temps de pose.

Les spectres obtenus montrent des systèmes de bandes diffuses superposées à une absorption continue. Les coefficients d'absorption k_ν ont été calculés pour un grand nombre de raies entre 630 000 et 85 000 cm^{-1} et sont représentés sur la figure où l'on a porté k_ν en fonction de ν; k_ν étant défini par la relation $I = I_0 e^{-k_\nu x}$ et ramené aux conditions normales de température et de pression. Une incertitude subsiste sur les valeurs absolues de k_ν. En effet, pour les bandes, la source donnant un spectre de raies, on ne peut jamais affirmer que le maximum observé coïncide avec celui de la bande, il en est de même

(1) J. Granier-Mayence, *Ann. Phys.*, 7, 1952, p. 453.
(2) N. Astoin, *J. Phys. Rad.*, 12, 1951, p. 695.

pour le minimum. D'autre part les pieds de bandes ont certainement une influence sur l'absorption continue, mais étant donné que sur le grand nombre de points calculés on n'observe aucune transparence totale, on peut en conclure qu'un continu s'étend effectivement sous les bandes.



Dans la région 150-500 Å on observe deux systèmes de bandes : l'un relativement faible entre 600 000 et 400 000 cm^{-1} est sans doute composé d'une série de Rydberg mais il n'a pas été possible de classer les bandes; l'autre plus intense entre 375 000 et 200 000 cm^{-1} a la bande la plus forte située vers 260 000 cm^{-1} ($k_\nu = 1300$ cm^{-1}). Il est difficile, étant donné la complexité du spectre, de classer ces bandes, cependant il semble qu'elles puissent être représentées par une formule de la forme $\nu = \nu_0 + \alpha\eta - \beta\eta^2$ avec $\alpha = 2380$. Rappelons que l'une des fréquences de vibration de N_2O est $\nu_3 = 2223$ cm^{-1} pour la vibration $N \rightleftharpoons N - O$.

Le premier continu observé, très faible à 630 000 cm^{-1}, présente un maximum à 440 000 cm^{-1} soit 225 Å pour lequel $k_\nu = 800$ cm^{-1}. Il présente d'autre part une discontinuité à 380 000 cm^{-1} (47,5 eV), qui peut être attribuée au passage par un potentiel d'ionisation.

On peut calculer la force de l'oscillateur de ce continu en excluant les bandes à partir de la relation

$$f = \frac{mc^2}{\pi N e^2} \int_{\nu_1}^{\nu_2} k_\nu \, d\nu,$$

$\int_{\nu_1}^{\nu_2} k_\nu \, d\nu$ étant obtenu en évaluant l'aire comprise sous la courbe continue avec les limites d'intégration

$$\nu_1 = 630\,000 \text{ cm}^{-1},$$
$$\nu_2 = 380\,000 \text{ cm}^{-1},$$

on trouve ainsi $f = 5{,}6$.

De l'autre côté de la discontinuité un second continu d'allure plus symétrique présente un maximum vers 280 000 cm^{-1}.

Au-delà de 500 Å on observe une autre absorption continue présentant une discontinuité à 960 Å, ce qui correspond au premier potentiel d'ionisation de N_2O : 12,9 eV. Des systèmes de bandes diffuses s'ajoutent à ce continu, dont l'un très intense vers 125 000 cm^{-1} ($k_\nu > 1300 \text{ cm}^{-1}$). Nous relevons enfin une bande très intense vers 85 000 cm^{-1}, déjà observée par A. B. F. Duncan (3) et Watanabe (4).

Ces résultats donnent quelques indications sur le spectre de N_2O dans l'ultraviolet extrême; mais nous ne pouvons pas donner avec certitude les transitions correspondant aux systèmes de bandes et la précision sur les valeurs absolues des coefficients d'absorption est insuffisante pour représenter parfaitement l'absorption continue.

PHYSIQUE MOLÉCULAIRE. — *Détermination de la structure de l'acétylméthylcarbinol par spectrographie infrarouge.* Note (*) de M. **Camille Duculot**, transmise par M. Jean Cabannes.

La comparaison des spectres infrarouges de l'acétylméthylcarbinol (normal ou deutéré sur la fonction alcool) avec ceux du butanol-2 (normal ou deutéré sur la fonction alcool) et de la butanone, a permis de montrer l'existence de deux formes moléculaires (une « ouverte » et une « chélatée ») et d'attribuer les vibrations de valence et de déformation des groupements OH et OD.

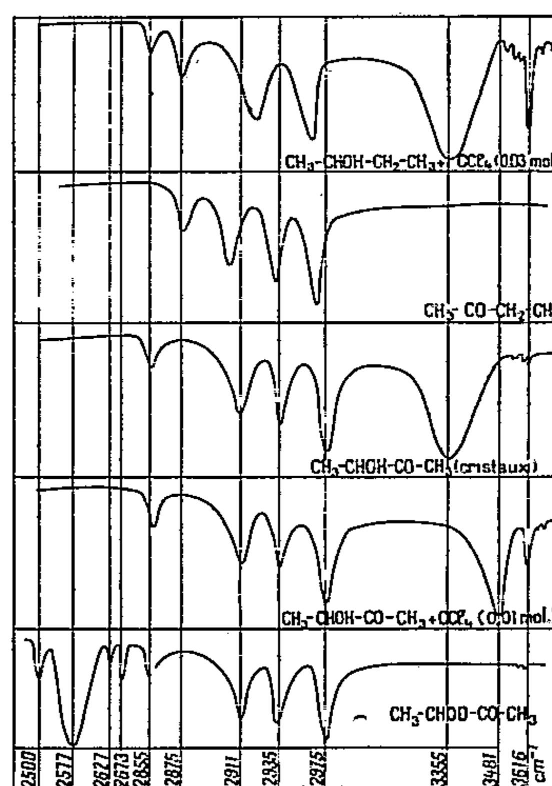
Nous avons utilisé plusieurs spectrographes à simple ou à double faisceau, avec des prismes en FLi, F_2Ca et ClNa, respectivement entre 4000 et 2200 cm^{-1} vers 1700 cm^{-1} et entre 2000 et 650 cm^{-1}, ainsi qu'un spectrographe à réseau (532 traits/mm) entre 1 et 2 μ.

(3) *J. Chem. Phys.*, 4, 1936, p. 638.

(4) K. Watanabe, M. Zélikoff et E. C. Y. Inn, *J. Chem. Phys.*, 21, 1953, p. 1643.

(*) Séance du 18 juillet 1955.

1. *Établissement de l'existence de deux formes moléculaires* [1]. — La comparaison, dans la région des vibrations de valence, OH (ou OD) et C = O des spectres du butanol-2 en solution diluée dans un solvant non polaire (*a*), de la butanone (*b*), de l'acétylméthylcarbinol en cristaux (*c*) ou en solution diluée dans un solvant non polaire et de l'acétylméthylcarbinol deutéré sur la fonction alcool (*fig.* 1) permet immédiatement les déductions suivantes :



a. la bande ν_1 à 3616 cm^{-1} (comme d'ailleurs ses harmoniques 2 ν_1 à 7081,2 et 3 ν_1 à 10395 cm^{-1}) provient de *l'oscillateur* OH *non perturbé :* on les trouve pour le butanol-2 et l'acétylméthylcarbinol en solutions très diluées, elles manquent pour le butanone.

b. la bande ν_2 à 3481 cm^{-1} (et ses harmoniques 2 ν_2 à 6808,0 cm^{-1} et 3 ν_2 à 9981,13 cm^{-1}) caractérise *l'oscillateur* OH *chélaté* dans l'acétylméthylcarbinol. Ces maxima ne se retrouvent pas dans les spectres des mélanges de butanol-2 et de butanone, et, en particulier, pour des solutions équimoléculaires, quelles que soient les concentrations dans un solvant inerte.

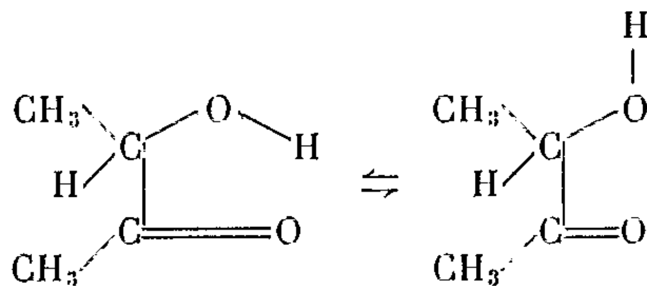
c. La bande large à 3555 cm^{-1}, qui apparaît dans les solutions plus concentrées de butanol-2 et avec les cristaux d'acétylméthylcarbinol, caractérise le groupement OH perturbé par une *liaison intermoléculaire,* puisqu'elle disparaît avec l'accroissement de la dilution.

d. La bande de 1721 cm^{-1} de la butanone, attribuable à la *vibration de valence* C=O, se trouve perturbée à 1713,4 cm^{-1} par le groupement OH lors de la chélation.

Les deux formes de l'acétylméthylcarbinol se schématisent de la manière

(1) DUCULOT, *Thèse*, Paris, 1954.

suivante :



Si l'on passe au composé deutéré sur la fonction alcool, les bandes de 2 673 et 2577 cm^{-1} correspondent respectivement aux vibrations OD libre et chélatée. La première seule, se retrouve avec le butanol-2, deutéré sur la fonction alcoolique. Ces nombres d'ondes présentent, comme on pouvait s'y attendre, un rapport de 1,35 environ avec ceux qui correspondent au groupement OH. (Sur la figure, les bandes relativement faibles à 2 676 et 2 500 cm^{-1} s'attribuent vraisemblablement à HOD et D_2O.)

2. *Étude des vibrations de déformation du groupement* OH. — Alors que l'attribution des vibrations de valence précédentes ne rencontre pas de difficulté, celle des vibrations de déformation a prêté jusqu'ici à maintes discussions (Sutherland, Davies, Noether, Courtoy [2]).

On considère — comme Sheppard [3] l'avait fait pour l'alcool méthylique — qu'il existe un couplage entre le mode de déformation plane OH et un mode de déformation de CH_3 ou de CH. En deutérant la fonction alcool, la vibration de déformation de OD se trouve à une fréquence plus basse et n'est plus couplée, ce qui lève la perturbation de la vibration de CH_3 et ne fait plus apparaître qu'une seule bande.

Nous avons mesuré en solution diluée : *a*. Pour le butanol-2 deux maxima à $\nu_3 = 1\,240$ et $\nu_4 = 1\,075$ cm^{-1} qui disparaissent par deutération de la fonction alcool et qui sont remplacés par une bande unique à 890 cm^{-1} associée au groupement OD;

b. Pour l'acétyl-méthyl-carbinol *léger* : 1 045 et 1 250 cm^{-1} représentant la forme tautomère non chélatée (qui se retrouvent vers 1 075 et 1 240 cm^{-1} pour le butanol-2 aussi en solution, ainsi que l'on devait s'y attendre), 1 290 et 1 355 cm^{-1} correspondant à la forme tautomère chélatée (absentes dans le spectre du butanol-2). Par deutération ces quatre bandes disparaissent :

Le couplage entre OH et CH_3 étant supprimé, il n'existe plus qu'un mode de déformation, attribuable à la présence de OD vers 875 cm^{-1} qui s'apparente vraisemblablement à 1 250 cm^{-1} ($1\,250/1,37 = 905$).

---

(2) SUTHERLAND, *Discuss. Farad. Soc.*, 91, 1950, p. 279; DAVIES, *J. Chem. Phys.*, 16, 1948, p. 267; NOETHER, *Ibid.*, 10, 1942, p. 693; COURTOY, *Ann. Soc. Sc. Bruxelles*, 1947, p. 139

(3) SHEPPARD, *Congrès Intern. Spectroscopie moléculaire*, Paris, 1953.

PHYSIQUE MACROMOLÉCULAIRE. — *Étude expérimentale des propriétés dynamooptiques des solutions de polystyrolènes en fonction de la viscosité du solvant.* Note (*) de M. **Joseph Leray**, présentée par M. Gabriel Foëx.

Un certain nombre de travaux théoriques mettent en lumière le rôle de la viscosité interne des molécules dans les phénomènes hydrodynamiques. En particulier, ils fournissent une méthode permettant de décider si le soluté est une particule rigide ou déformable ([1]).

Cette méthode consiste à étudier comment varie la pente $\mathrm{tg}\,\alpha$ de la tangente à l'origine de la courbe d'extinction en fonction de la viscosité η_0 du solvant.

Nous l'avons appliquée à une série de polystyrolènes ([2]) dont les masses moléculaires, déterminées par diffusion de la lumière sont : 520 000 (C_3), 1 200 000 (C_4), 3 500 000 (C_5) ainsi qu'à un échantillon de provenance différente et de masse 10 000 000 (C_6).

Nous avons rapproché nos résultats expérimentaux de ceux obtenus par Cerf ([1]) sur un produit fractionné de masse 200 000 (C_2) et sur un produit brut de masse 130 000 (C_1); de cette façon, les données expérimentales couvrent un large domaine de masses moléculaires.

Tandis que dans le cas de C_1 et C_2, la variation de η_0 était obtenue en étudiant les solutions à différentes températures, nous avons utilisé à la température de 20° C environ, les solvants suivants :

Solvants.....	Benzène.	Benzène, cyclohexanone (1 v/1 v).	Cyclohexanone.	Solution à 10 % de oligostyrène dans la cyclohexanone.
η_0	0,65	1,10	2,25	4,20

Il est évident que les conditions expérimentales ne sont pas absolument comparables dans les deux cas, à cause de la différence des énergies d'interaction entre le soluté et les divers solvants, mais cet inconvénient semble d'une importance secondaire dans nos mesures.

Celles-ci ont été effectuées à l'aide d'un appareil à rotor extérieur qui a déjà été décrit ([3]).

Nous reproduisons, à titre d'exemple, les résultats obtenus à différentes concentrations, sur les échantillons C_2, C_3, C_5 (*fig.*).

Ils suggèrent les remarques suivantes :

1° Pour un polymère donné, à une concentration donnée, $\mathrm{tg}\,\alpha$ est, à la pré-

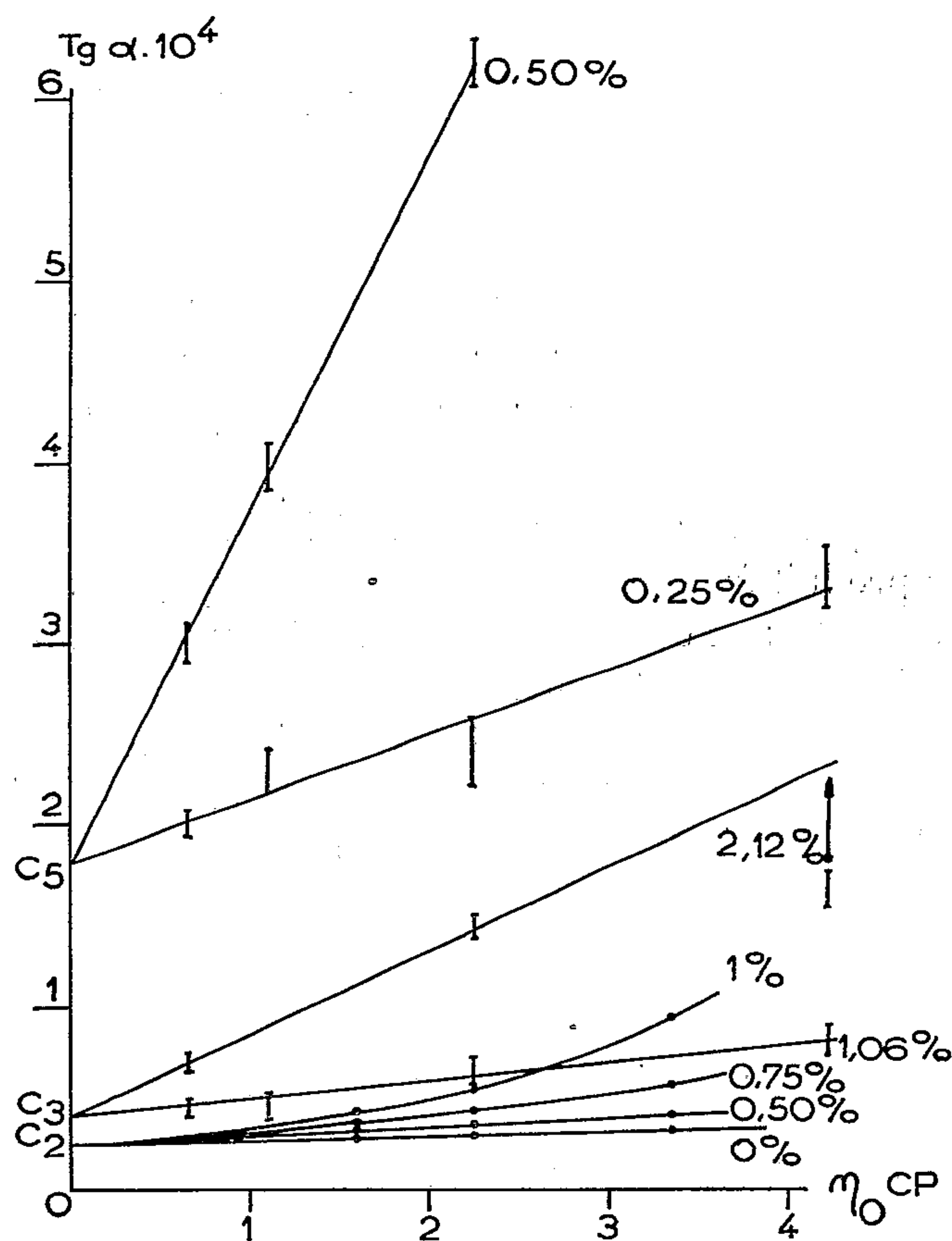
(*) Séance du 28 novembre 1955.

([1]) R. Cerf, *Thèse*, Strasbourg.

([2]) Nous devons ces fractions à M. Čopič de l'Institut J. Stefan à Ljubljana (Yougoslavie).

([3]) J. Leray, *J. Chim. Phys.*, 52, 1955, p. 755.

cision de nos mesures, une fonction linéaire de η_0. Toutefois, les échantillons C_1, C_2 étudiés par variation thermique ne suivent cette loi qu'à des concentrations inférieures à 0,5 % environ; $tg\alpha(\eta_0)$, même rapportée à la température de 20°C présente une courbure d'autant plus prononcée que la concentration est plus élevée.



Cette différence pourrait peut-être s'expliquer, par le fait que la viscosité intrinsèque des polymères étudiés varie légèrement d'un solvant à l'autre, alors que celle de C_1 et C_2 est pratiquement indépendante de la température.

2° Pour un polymère donné, les droites relatives à diverses concentrations — et, dans le cas de C_1 et C_2, la famille de courbes correspondantes — ont une même ordonnée à l'origine B.

Nous pouvons donc représenter l'ensemble des droites, dans le domaine que nous avons étudié par l'expression

$$tg\alpha = A(M)f(c)\eta_0 + B(M).$$

Ce résultat est important au point de vue expérimental car il simplifie la détermination de $tg\alpha$ à concentration nulle. Il suffit en effet d'étudier à une

concentration finie l'influence de η_0 et, pour une valeur de η_0, l'influence de la concentration pour être en mesure de tracer les droites $\operatorname{tg}\alpha = f(\eta_0)$ quelle que soit la concentration et donc aussi à concentration nulle.

3° L'ordonnée à l'origine B est proportionnelle à la masse moléculaire. Nos résultats fournissent pour le coefficient de proportionnalité une valeur de l'ordre de 5.10^{-11}.

Si la position limite à concentration nulle de la droite expérimentale représente le comportement de la courbe pour des viscosités infinies, le résultat est en contradiction avec la théorie qui prévoit que B est indépendant de la masse moléculaire (4).

Si par contre, le comportement asymptotique n'est obtenu que pour des viscosités η_0 beaucoup plus grandes, nos expériences montrent les difficultés considérables qu'il y a d'atteindre l'ordonnée à l'origine de l'asymptote.

En résumé, l'étude que nous avons faite montre que les points expérimentaux se groupent sur des droites dont l'ordonnée à l'origine ne dépend pas de la concentration et est proportionnelle à la masse moléculaire; elle facilitera l'expérimentation dans ce domaine, et demandera à être justifiée théoriquement.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Réalisation d'un spectromètre à coïncidences* γ-γ *et particules lourdes*-γ. *Application à la réaction* $^{10}B(d, p)^{11}B$. Note (*) de MM. **Serge Gorodetzky, André Gallmann, Michel Croissiaux** et **Raymond Armbruster**, présentée par M. Louis de Broglie.

Nous avons réalisé un spectromètre inspiré de celui de Mc Gowan (1) et dont le schéma de principe est donné par la figure 1.

Un cristal de NaI(Tl) de 37 mm de diamètre et 37 mm de hauteur émet une scintillation vue par un photomultiplicateur R. C. A. 6342. L'impulsion correspondante passe par un cathode follower et deux amplificateurs à large bande. Ce premier circuit est en coïncidence double rapide ($\tau = 2,1.10^{-8}$ s) avec un circuit du même type. L'impulsion de coïncidence est amplifiée et retardée avant de rencontrer des impulsions proportionnelles lentes en coïncidence avec elle.

Les impulsions lentes proportionnelles sont prises sur l'avant-dernière dynode du photomultiplicateur. Elles passent par un amplificateur proportionnel puis un analyseur à une bande qui discrimine les impulsions. On compte les coïncidences triples.

---

(4) R. Cerf, *Comptes rendus*, 240, 1955, p. 532.

(*) Séance du 21 novembre 1955.

(1) *Phys. Rev.*, 93, 1954, p. 163.

La proportionnalité des canaux a été vérifiée par des γ jusqu'à 9 MeV. Le spectre des rayonnements γ de la réaction $^{10}B\,(d,\,p)\,^{11}B$ est donné à titre d'exemple par la figure 2 *a*.

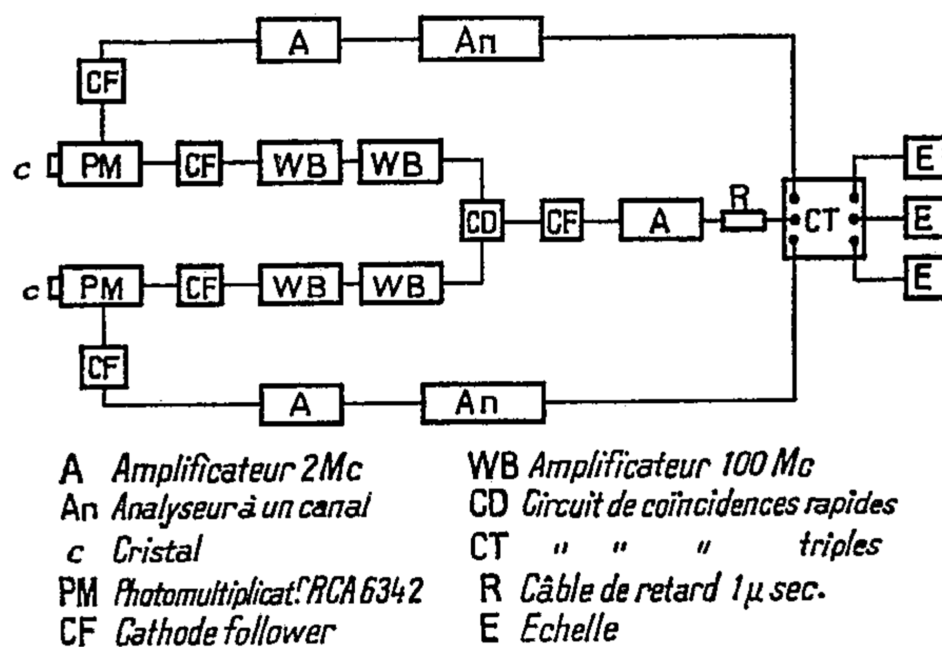


Fig. 1.

Cette courbe fait apparaître les rayonnements de 8,90, 6,70 et 4,47 MeV. Les rayonnements d'énergie plus faible (en particulier de 2,14 MeV) n'appa-

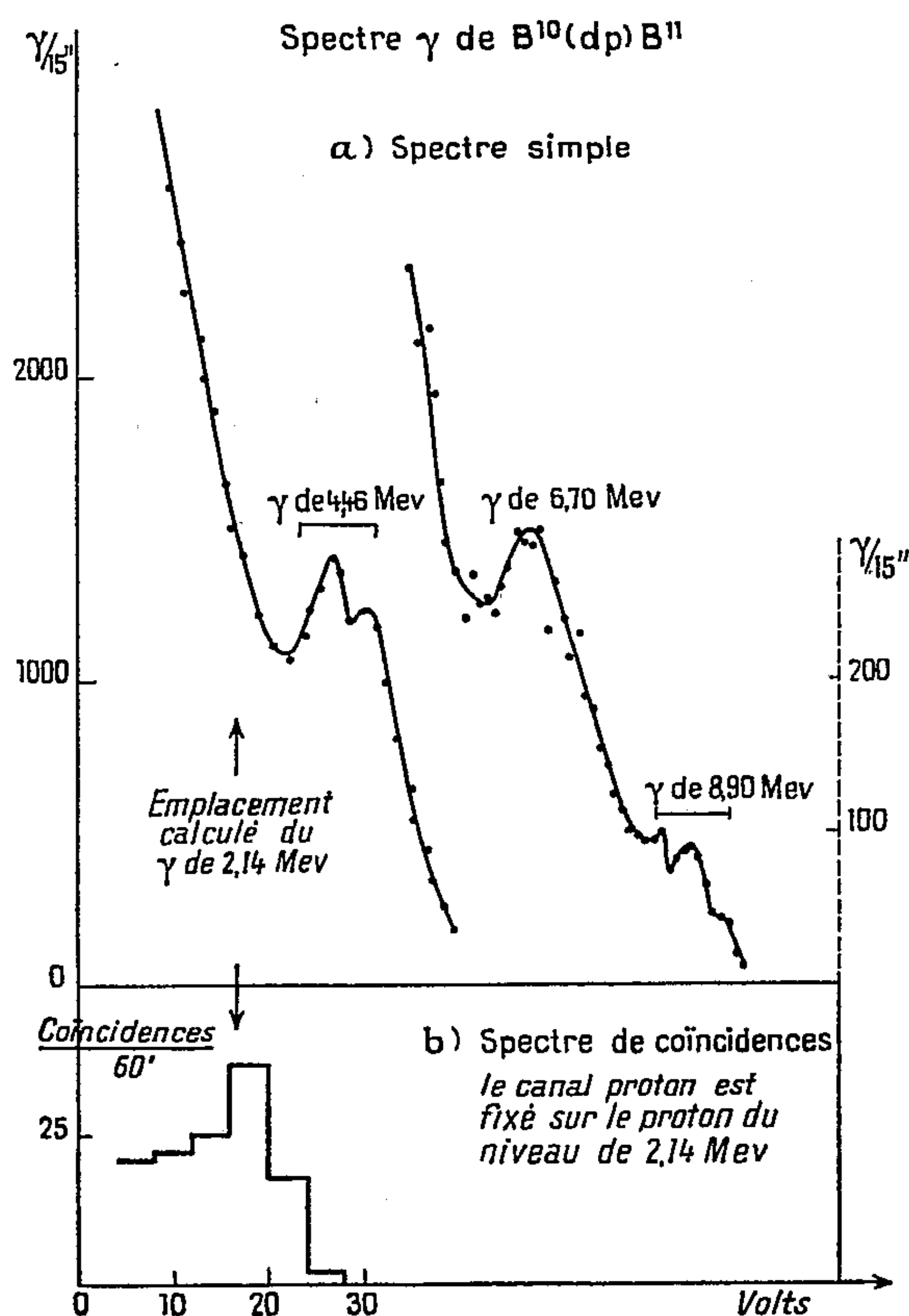


Fig. 2.

raissent pas dans le fond des γ d'énergie supérieure, ceci en accord avec les résultats obtenus par L. C. Thomson (²).

Le spectromètre à coïncidences a été essayé en fonctionnement $\gamma-\gamma$, ce qui est relativement facile.

Les essais classiques ont été réalisés avec une source de ^{60}Co. La spectrographie simple fait apparaître distinctement deux pics correspondant à la cascade : 1,17 et 1,33 MeV. En plaçant par exemple l'un des canaux sur le pic de rayonnement γ de 1 332 keV, ce pic disparaît dans le spectre des coïncidences.

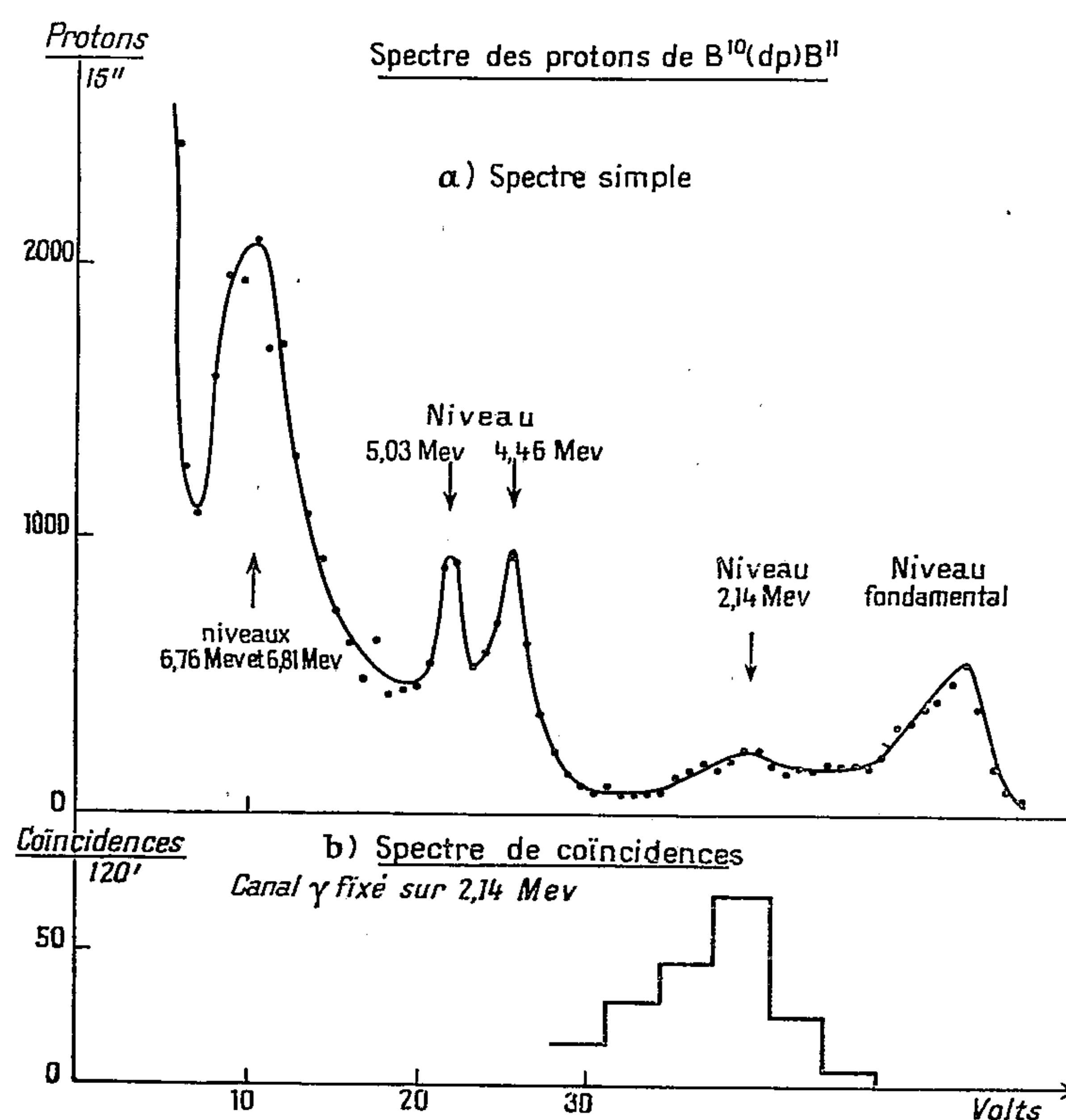


Fig. 3.

Nous sommes alors passés à la spectrographie $p-\gamma$. Des premiers essais ont été faits avec un cristal de stilbène, mais les réponses de ce scintillant n'étant pas proportionnelles pour les protons, nous avons utilisé ensuite un cristal mince de NaI(Tl) de 37 mm de diamètre et 2 mm d'épaisseur, recouvert d'une feuille de 3/100ᵉ de millimètre d'aluminium. La courbe des protons sur un canal est donnée par la figure 3 *a*. Elle est en accord avec celle trouvée par d'autres auteurs (³), (⁴) qui utilisaient une méthode analogue.

(²) *Phys. Rev.*, 96, 1954, p. 369.
(³) Valckx et Endt, *Physica*, 19, 1953, p. 1140.
(⁴) Evans et Parkinson, *Proc. Phys. Soc.*, 67 A, 1954, p. 684.

La partie de la courbe correspondant à des protons d'énergie inférieure à 5 MeV a été obtenue en retranchant un fond γ connu, déjà signalé par d'autres auteurs ([4]).

L'appareil ayant été étudié en canaux séparés γ et protons ainsi qu'en coïncidences $\gamma - \gamma$, on peut maintenant passer aux coïncidences $p - \gamma$.

Ainsi, en se plaçant sur un pic proton déterminé on doit retrouver en coïncidence le rayonnement γ correspondant, et uniquement celui-là. Le canal proton a été placé sur le pic correspondant au niveau excité de 2,14 MeV du ^{11}B; on obtient en coïncidences, de manière extrêmement nette, le rayonnement γ de 2,14 MeV (*fig.* 2*b*) alors qu'en spectrographie simple, ainsi qu'on l'a vu précédemment (*fig.* 2*a*), ce rayonnement était noyé dans un fond continu et n'apparaissait pas. On vérifie aussi réciproquement (*fig.* 3*b*) qu'en fixant le canal γ sur l'énergie 2,14 MeV, on retrouve le pic proton correspondant.

Cette méthode qui permet d'extraire un γ déterminé dans un fond parasite très intense rend possibles par exemple des études de corrélations angulaires $p - \gamma$ et ceci en étant sûr de l'énergie tant du proton que du γ.

Des expériences sont actuellement en cours avec ce dispositif pour mesurer la corrélation angulaire $p - \gamma$ correspondant au niveau de 2,14 MeV du ^{11}B.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Mesure de la vie moyenne du second état excité du fluor* 19. Note (*) de MM. **Marcel Fiehrer, Pierre Lehmann, Antoine Lévêque** et **Robert Pick**, présentée par M. Francis Perrin.

La vie moyenne de l'état excité de ^{19}F à 197 keV a été mesurée et trouvée égale à $(1,23 \pm 0,07).10^{-7}$ s, en accord avec les résultats antérieurs moins précis.

Une des erreurs les plus notables sur la mesure du moment magnétique de ^{19}F (197 keV) ([1]) provenant de l'imprécision avec laquelle le temps de vie de cet état était connu, nous avons essayé d'améliorer la précision de ce résultat en utilisant la méthode des coïncidences différées.

Les détecteurs étaient composés de deux cristaux d'iodure de sodium associés à des photomultiplicateurs EMI 6260; l'électronique, du type circuit lent plus circuit rapide, est schématisée sur la figure.

Les niveaux excités de ^{19}F étaient obtenus par diffusion inélastique de protons de 4,3 MeV sur une cible mince de fluorure de calcium déposée sur argent.

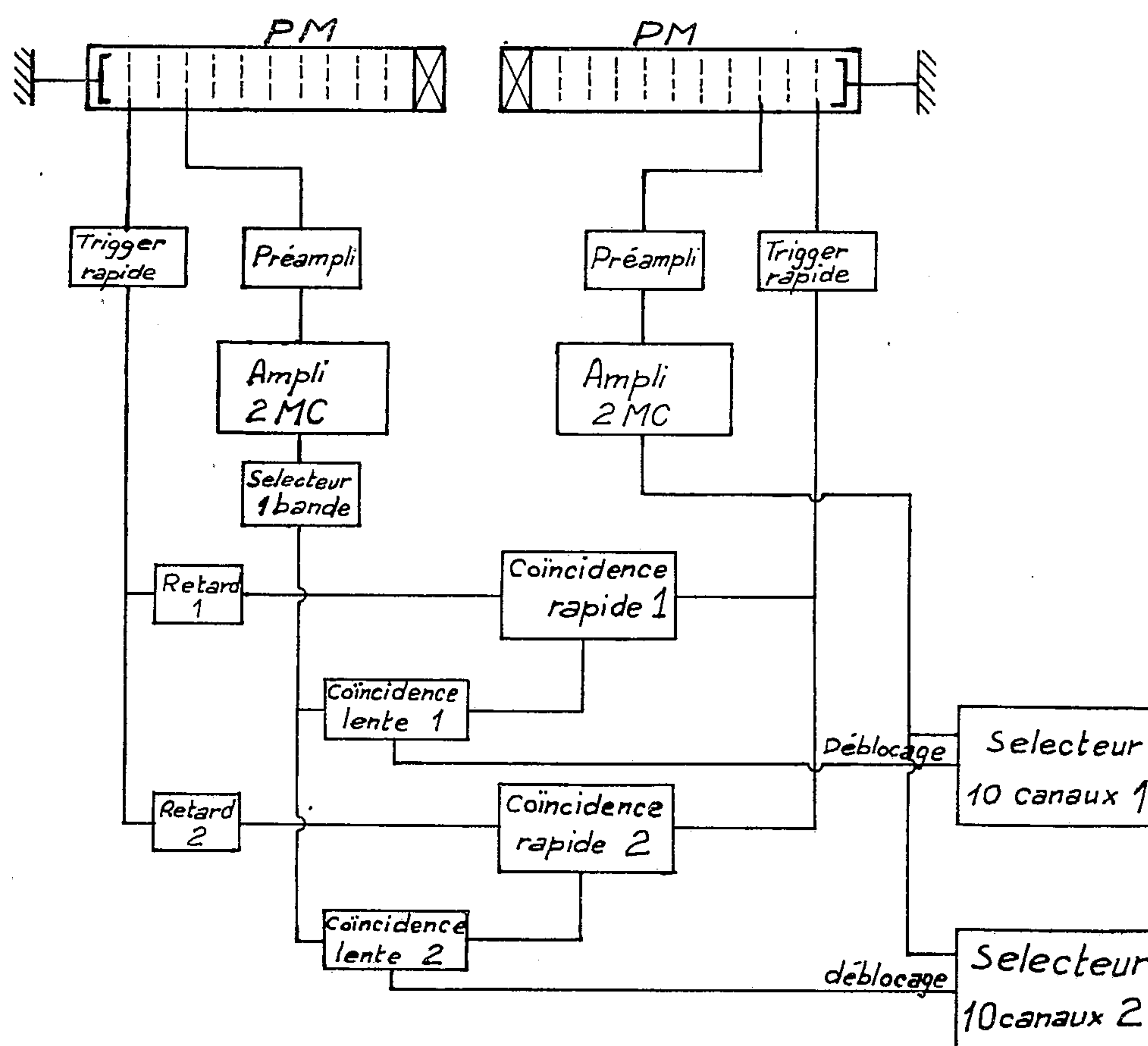
A cette énergie, l'état de 197 keV est essentiellement nourri par un γ d'énergie $E_\gamma = 1,35 \pm 0,04$ MeV venant d'un niveau de 1,59 MeV. Ces

(*) Séance du 28 novembre 1955.

([1]) P. Lehmann, A. Lévêque et M. Fiehrer, *Comptes rendus*, 241, 1955, p. 700.

résultats sont en accord avec ceux obtenus par Jones et al. (²) qui ont étudié le schéma de désintégration de ^{19}O.

On a mesuré le rapport des nombres de γ de 200 keV émis respectivement 10^{-7} s et 2.10^{-7} s après ce gamma énergique. Cette mesure a été répétée avec des retards de 10^{-7} et de $1,5.10^{-7}$ s. Le rapport des coïncidences vraies aux coïncidences fortuites était toujours supérieur à 5.



Le sélecteur à une bande avait pour rôle d'éliminer une grande partie des γ dus à la réaction $^{19}F(p, \alpha\gamma)^{16}O$.

Les rapports mesurés, corrigés des coïncidences fortuites et de l'inégalité des temps de résolution des deux circuits de coïncidences rapides conduisent à une valeur de la constante radioactive de l'état

$$\lambda = (0,81 \pm 0,05).10^7\ s^{-1},$$

(²) G. A. Jones, W. R. Phillips, C. M. P. Johnson et D. H. Wilkinson, *Phys. Rev.*, 96, 1954, p. 547.

la vie moyenne correspondante étant

$$\tau = \frac{1}{\lambda} = (1,23 \pm 0,07).10^{-7}\,\text{s},$$

valeur en accord avec les valeurs précédemment publiées

$$0,4.10^{-7}\,\text{s} < \tau < 1,6.10^{-7}\,\text{s}\ (^3) \quad \text{et} \quad (1 \pm 0,2).10^{-7}\,\text{s}\ (^2)$$

mais plus précise.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Particules de longs parcours émises par une source de plutonium* 239. Note (*) de Mlle **Marie Ader**, présentée par M. Francis Perrin.

La source de 16 mg d'oxyde de ^{239}Pu, préparée par MM^mes Isabelle Prévot et Marie Valentin du laboratoire de Châtillon du Commissariat à l'Énergie atomique, est étalée sur une lame de nickel de 4 cm² et recouverte par une feuille de nickel équivalente à environ 50 μ de parcours dans l'émulsion photographique.

On sait que le ^{239}Pu émet des électrons mous, probablement électrons de conversion interne des rayons γ, ou électrons Auger (1), peu gênants grâce à l'emploi d'écrans métalliques suffisants. Il émet aussi trois groupes de rayons α (2) d'énergie : 5,1 MeV : 11 % ; 5,137 MeV : 20 % ; 5,15 MeV : 69 %.

Le principal groupe a un parcours dans l'air de 3,68 cm ; donc les rayons α du ^{239}Pu ont un parcours et une énergie légèrement inférieurs à ceux des rayons α du Po.

Des plaques Ilford, C_2, 50 et 100 μ irradiées à cette source suivant les dispositifs utilisés dans l'étude des dépôts actifs du Po, du Th et de l'Ac (3), enregistrent aussi une émission de particules dont le parcours est supérieur à celui des rayons α du ^{239}Pu.

Nous nous sommes limitée à l'examen de traces dépassant 50 μ dans l'émulsion. La considération de 155 de ces grandes trajectoires permet d'établir les remarques suivantes :

1° Ces traces proviennent de la source ou de ses abords immédiats, elles partent de la surface, sont parfaitement orientées, pénètrent dans la couche de l'émulsion et sont susceptibles de bonnes mesures.

2° Elles ne semblent pas former des raies, mais un spectre continu s'étalant de 100 à 300 μ environ d'émulsion.

(3) J. Thirion, C. A. Barnes et C. C. Lauritsen, *Phys. Rev.*, 94, 1954, p. 1076.

(*) Séance du 28 novembre 1955.

(1) Albouy et Teillac, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 326.

(2) Rosenblum, Goldschmidt et Valadares, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 638.

(3) Ader, *Thèse*, Paris, 1955.

3° Elles ne sont pas dues à des contaminations de thorium (48 μ max de l'émulsion), ou a des rayons cosmiques qui n'ont pas d'orientation préférentielle.

4° Ce ne sont pas des protons projetés par les rayons α du ^{239}Pu dans une substance hydrogénée, ni des protons de transmutation de l'azote par ces mêmes rayons α, protons dont les parcours ne dépassent pas 80 et 100 μ dans l'émulsion photographique.

5° Elles présentent des caractéristiques analogues aux grandes traces émises par les dépôts actifs du Po, du Th et de l'Ac; et l'on pourrait penser qu'elles ont la même origine dans ces divers éléments.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Ionisation de la couche* K *de différents éléments par les particules* α. Note (*) de MM. **Radha Raman Roy**, **Alphonse Lagasse** et Mlles **Marie-Louise Goes** et **Jacqueline Diltoer**, transmise par M. Émile Henriot.

L'ionisation de la couche K du Cu a été étudiée en fonction de l'énergie incidente des particules α. L'intensité relative de l'émission des rayons X de la couche K a été étudiée pour différents éléments. Les résultats ont été comparés avec la théorie de Henneberg.

Lorsqu'une particule α traverse la matière, la principale perte d'énergie qu'elle subit est due à l'ionisation des couches les plus extérieures des atomes. Mais parfois la couche K peut également être ionisée, et l'on observe alors l'émission K caractéristique de l'élément traversé. Dans le cas présent, nous avons étudié : *a*. le nombre de photons K émis par une cible mince (0,1 à 0,2 μ) en fonction de l'énergie des particules incidentes, et *b*. le nombre de rayons X émis en fonction du nombre atomique Z, l'énergie des particules α étant constante et égale à 3,4 MeV. Nous avons bombardé les éléments Fe, Ni, Cu, Zn, Se, Mo et Ag, à l'aide d'une source de Po de 50 mC. Les rayons émis furent détectés par un compteur proportionnel. Après amplification, les impulsions sélectionnées par un analyseur d'amplitudes furent enregistrées par un numérateur électronique. L'emploi de l'analyseur d'amplitudes nous a permis d'isoler les radiations K des divers éléments étudiés et à, en même temps éliminer la plus grande partie des impulsions parasites provenant de causes diverses.

Nous avons utilisé un compteur proportionnel de 10 cm de diamètre et de 30 cm de long, rempli d'un mélange d'argon (90 %), méthane (10 %), sous pression atmosphérique. La longueur active du fil était limitée à 10 cm. Une

(*) Séance du 21 novembre 1955.

fenêtre de 2 cm de diamètre fermée par une feuille d'aluminium de 0,03 mm permettait aux rayons X d'atteindre la zone active du compteur.

Nous avons comparé nos résultats expérimentaux à la théorie de Henneberg (1), d'après laquelle la probabilité d'ionisation de la couche K est donnée par

$$\Phi(E) = \frac{8\pi}{\alpha}\Phi_0(E),$$

où

$$\Phi_0(E) = \frac{2}{5}e^{-\frac{4\eta}{1+\eta}}\left(\frac{4+\eta}{1+\eta}\right)^4\left\{\frac{1}{4}+\frac{1}{2}\left(\frac{4\eta}{1+\eta}\right)+\dots\right\}$$

avec

$$\eta = \frac{4E}{\alpha^2 M} \quad \text{et} \quad M = \frac{M_\alpha M_{at}}{M_\alpha + M_{at}},$$

α^2 est le potentiel d'ionisation de la couche K; E est l'énergie de la particule incidente avant collision; M_α et M_{at} sont respectivement les masses des particules α et des atomes de la cible exprimées en unités de masse électronique.

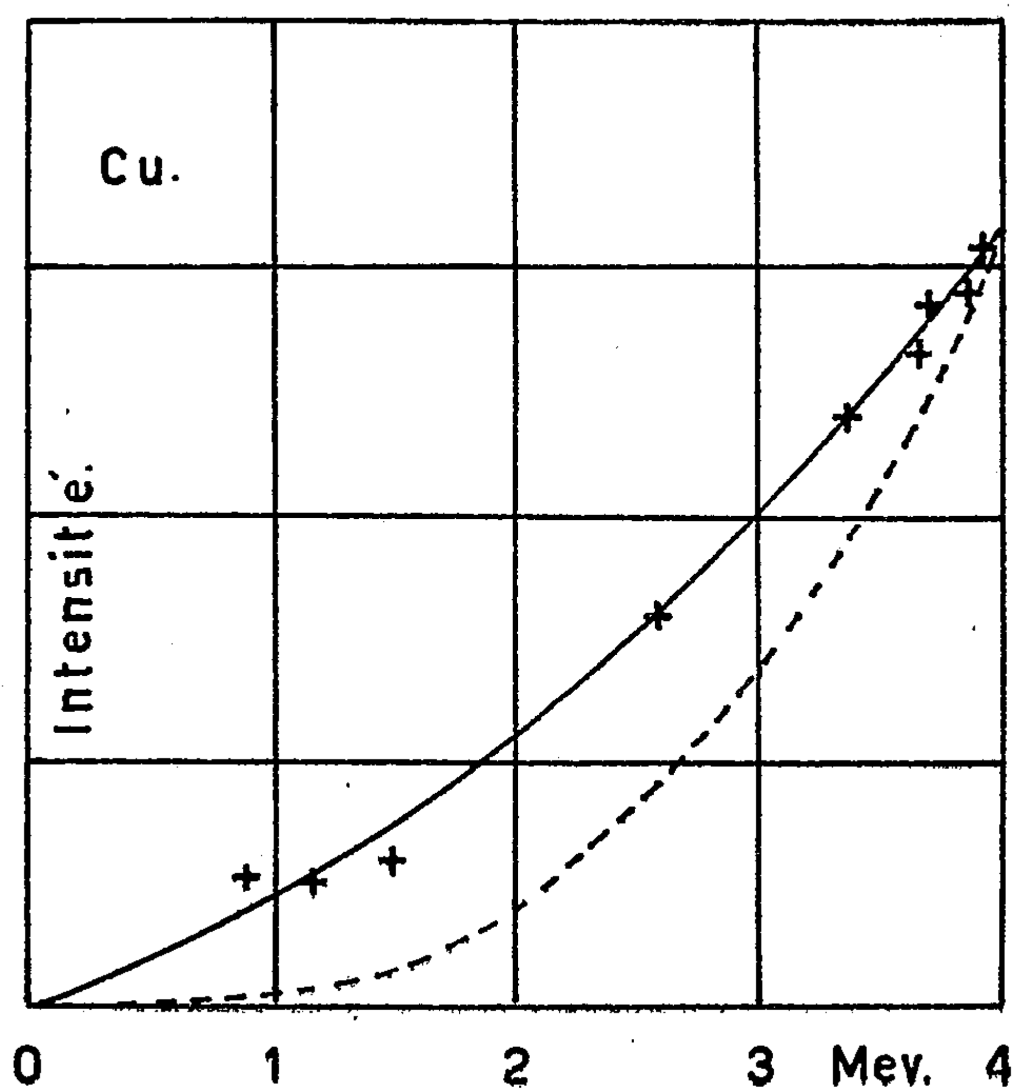


Fig. 1.

La figure 1 montre en trait pointillé, la courbe théorique et en trait plein, la courbe expérimentale de probabilité d'émission K du Cu en fonction de l'énergie des particules incidentes.

(1) *Z. Physik*, 86, 1933, p. 592.

L'accord entre les résultats théoriques et expérimentaux n'est pas satisfaisant. La courbe théorique décroît plus rapidement avec la diminution d'énergie, que la courbe expérimentale. La même divergence est observée sur la figure 2

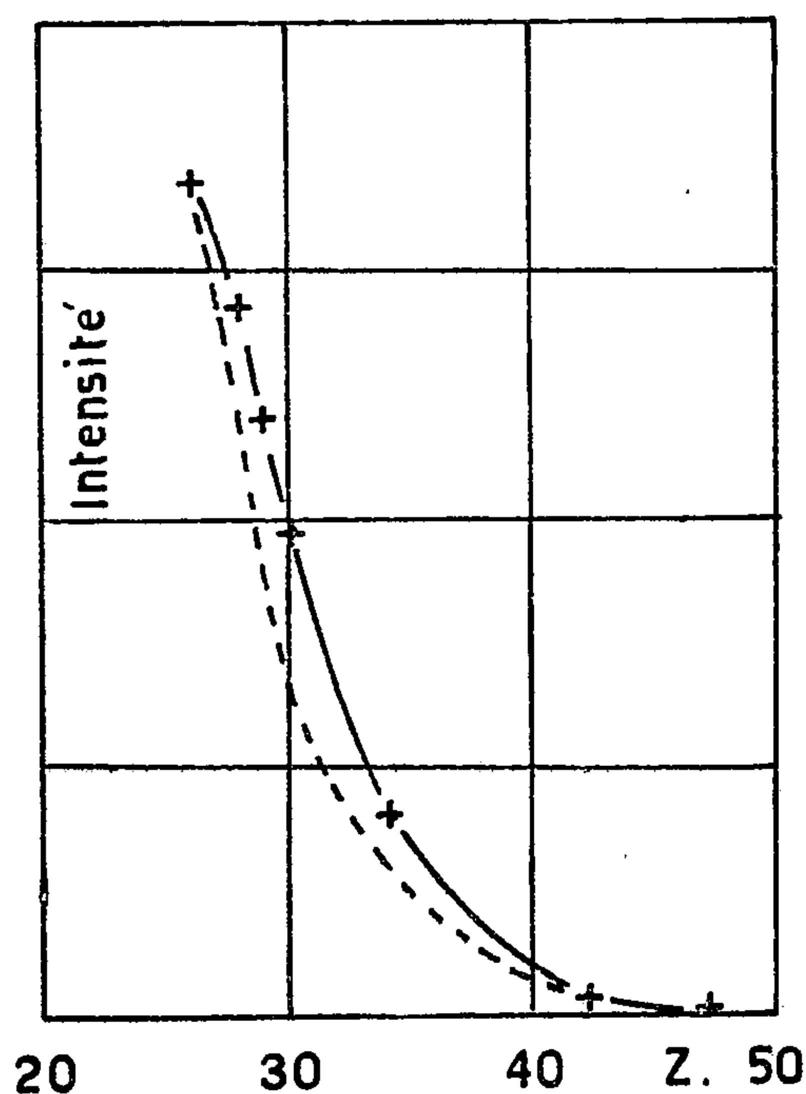


Fig. 2.

où l'on a porté la probabilité d'ionisation en fonction de la masse atomique de la cible. Il est à remarquer qu'Henneberg trouve un bon accord en comparant ses résultats théoriques avec les résultats expérimentaux de Bothe et Franz (²).

RÉSONANCE NUCLÉAIRE. — *Sur l'élargissement dû aux impuretés en résonance quadrupolaire.* Note de MM. **Bernard Dreyfus** et **Daniel Dautreppe**, transmise par M. Louis Néel.

On interprète l'élargissement constaté par l'influence sur les propriétés dynamiques du réseau cristallin des constantes élastiques des molécules impures.

Plusieurs expérimentateurs ont constaté, que lorsqu'on ajoute de très faibles quantités d'impuretés dans un cristal *moléculaire*, l'absorption quadrupolaire d'un noyau de celui-ci s'élargit et disparaît (¹), (²). Par exemple,

---

(²) *Z. Physik*, 49, 1928, p. 1.

(¹) J. Duchesne et A. Monfils, *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 1801.

(²) Segel et Lutz, *Phys. Rev.*, 98, 1955, p. 1183.

1 % molaire de p-Br_2—φ dans p-Cl_2—φ élargit la raie de ^{35}Cl de 2,4 kHz à environ 4,7 kHz. Les mesures étant peu précises, ce nombre est très approximatif, et aucune indication n'est donnée sur la forme de la raie. Cet effet, qui est considérable pour un mélange de constituants aussi peu différents, est accompagné d'un changement de fréquence de la raie ([3]) : 10 % molaire de p-Br_2—φ dans p-Cl_2—φ augmentent la fréquence de résonance de ^{35}Cl de 6 ± 3 kHz. Tous ces phénomènes sont restés sans interprétation. Nous avons montré par ailleurs ([4]), ([5]) (effets de température et de pression), que la fréquence de résonance dépendait fortement du spectre des pivotements des molécules, par l'intermédiaire du carré moyen $\overline{\theta^2(t)}$ de l'angle de pivotement. Nous proposons ici comme cause de l'élargissement, la dispersion des $\overline{\theta^2(t)}$ des molécules, en fonction de leur distance aux impuretés. Il est possible de conduire le calcul jusqu'au bout, en ne faisant intervenir que des constantes élastiques connues par ailleurs. Dans ce qui suit, nous aurons toujours en vue, le cas particulier d'impuretés de p-Br_2—φ dans un cristal de p-Cl_2—φ.

Nous prenons comme modèle du cristal, un réseau plan carré (interactions avec les premiers voisins seulement). L'énergie totale s'écrit :

$$2E = \sum_{ij} I_{ij}\dot{\theta}_{ij}^2 + \sum_{ij,kl} V_{ij,kl}\theta_{ij}\theta_{kl}$$

i, j = coordonnées d'une molécule; I = moment d'inertie; (V) : matrice potentiel.

On montre ([6]), que dans la zone classique ($kT \gg h\nu$) :

$$\overline{\theta_{ij}^2} = kT(V^{-1})_{ij,ij},$$

On décompose (V) en la somme de deux matrices (a A) et (a B). (A) correspond au cristal pur : $A_{ij,ij} = 1$; $A_{ij,i\pm 1j} = A_{ij,ij\pm 1} = \alpha$, les autres éléments sont nuls. Nous admettrons que les impuretés, de concentration moléculaire q, se manifestent par une constante de rappel $a(1+\varepsilon)$. On les représente par une matrice (B), dont tous les éléments sont nuls, sauf ceux de la diagonale, qui sont des variables aléatoires *indépendantes* (pas de corrélation entre les impuretés) prenant les valeurs 0 et ε, avec les probabilités q et $1-q$. Dans notre cas, les mesures Raman donnent $\alpha \# 0,125$ et $\varepsilon \# 0,5$. Les moments des distributions des $\bar{\theta}^2$ des p-Cl_2 — φ (qui sont les seuls à résonner) sont très difficiles à obtenir dans le cas général. Nous avons calculé les deux premiers, en ne gardant que le premier terme d'un développement en série de ε^n, donc en sup-

([3]) C. DEAN, *J. Chem. Phys*, 23, 1955, p. 1734.

([4]) B. DREYFUS et D. DAUTREPPE, *Comptes rendus*, 239, 1954, p. 1618.

([5]) D. DAUTREPPE et B. DREYFUS, *Comptes rendus*, 241, 1955, p. 795.

([6]) Y. AYANT, Séminaire de Physique théorique, Grenoble, 1955.

posant ε *petit*. Il vient

$$\Delta = \overline{\left[\frac{(A^{-1})_{00,00}}{a}\right] - \left(\frac{\theta^2}{kT}\right)} = \left(\frac{\varepsilon q}{a}\right)[(A^{-2})_{00,00} - (A^{-1})^2_{00,00}],$$

Δ exprime à un facteur près le glissement de fréquence. Le second moment de la quantité ci-dessus, ramené à son centre de gravité vaut

$$\sigma^2 = a^{-2}\varepsilon^2 q(1-q)\left[\sum_{ij}(A^{-1})^4_{00,ij} - (A^{-1})^4_{00,00}\right]$$

où

$$(A^{-1})_{00,ij} = (-1)^{i+j}\int_0^\infty e^{-t} I_i(2\alpha t) I_j(2\alpha t)\, dt,$$

$I_k(t)$ = fonction de Bessel d'ordre k et d'argument purement imaginaire.

En réalité, les résultats ci-dessus sont une limite supérieure, car ε n'est pas très petit. Il serait raisonnable de les multiplier par un coefficient de l'ordre de $[1 + \varepsilon(A^{-1})_{00,00}]^{-1}$ soit environ 0,6. Dans ces conditions, pour $q = 1\,\%$, avec $\alpha = 0,125$, on trouve $\Delta = +0,15$ kHz et $\sigma = 0,73$ kHz (directement exprimés en kHz). Avec $\alpha = 0,2$ on trouve $\Delta = +0,8$ kHz et $\sigma = 0,3$ kHz.

Les valeurs expérimentales correspondent à une valeur intermédiaire de α. Le sens du glissement de fréquence est correct. Compte tenu du fait que le cristal n'est pas un réseau plan carré isotrope, mais plutôt un réseau plan triangulaire (6 premiers voisins au lieu de 4), ce qui étend le rayon d'action des impuretés, on peut considérer que l'accord est satisfaisant. Il serait peut-être nécessaire de faire intervenir une variation des constantes élastiques des molécules voisines des impuretés [effet analogue à l'effet de pression ([6])].

Un exposé plus détaillé de ce travail paraîtra ultérieurement.

PHYSIQUE CORPUSCULAIRE. — *Coefficients d'écran pour les niveaux profonds des atomes lourds* ($Z > 60$). Note de M. **William Laskar**, transmise par M. Francis Perrin.

Pour les niveaux profonds des éléments lourds, les coefficients d'écran sont calculés par la méthode statistique de Thomas-Fermi; les valeurs obtenues sont comparées aux valeurs déduites des énergies de niveaux mesurées expérimentalement, et aux calculs de J. R. Reitz ([1]).

Par définition, le coefficient d'écran σ est tel que la charge $Z'e = (Z - \sigma)e$ redonne en un point donné, le même potentiel que le noyau, compte tenu de son cortège électronique. Il conditionne d'une manière assez importante les résultats des calculs effectués à l'aide des fonctions hydrogénoïdes (calcul des intensités et des largeurs de raies X, calcul des coefficients de conversion, etc.).

([1]) *Relativistic electron wave, fonctions* (*Thèse*, Chicago, 1949).

Jusqu'alors, on a utilisé les valeurs données par J. C. Slater [2] qui, extrapolant les résultats théoriques obtenus à l'aide des méthodes variationnelles par V.

Guillemin et C. Zenner [3] pour les huit premiers éléments proposa des règles, aujourd'hui classiques, pour le calcul des coefficients; ces nombres permettaient d'ajuster les valeurs calculées des énergies de niveau aux résultats des mesures effectuées par spectroscopie.

Pour les éléments lourds, l'application du calcul variationnel se heurte évidemment à des difficultés importantes; il est alors permis de tenir compte des liens établis entre méthode variationnelle et méthode statistique pour se servir plutôt de cette dernière.

Rappelons [4] que le potentiel $\varphi(r)$ de l'atome de Thomas-Fermi peut s'écrire

$$\varphi(r) = \frac{Ze}{r}\chi(r),$$

où $\chi(r)$ est la fonction de Fermi.

Étant donné l'approximation du calcul, on peut prendre pour la valeur moyenne du rayon des orbites du cortège électronique l'expression

$$\bar{r} = \frac{a_1 n^2}{Z}\left\{1 + \frac{1}{2}\left[1 - \frac{l(l+1)}{n^2}\right]\right\},$$

où a_1 est le rayon de la première orbite de Bohr. On ne s'attend évidemment pas à trouver par ce procédé les valeurs rigoureuses de σ). Il est possible d'améliorer le procédé en prenant une valeur moyenne relativiste; c'est ce que nous avons fait en particulier pour le niveau K où l'on a, avec les notations habituelles :

$$\bar{r}_K = \frac{a_1}{2Z}(1 + 2k').$$

En se repportant à la définition de σ, on en déduit σ_c pour les différents niveaux K, L, M, etc. A titre d'exemple les valeurs σ_c données dans le tableau ont été calculées pour $Z = 64$ et comparées aux valeurs σ_d déduites des énergies de niveaux, mesurées par spectroscopie [5]. Étant donné la faible variation de σ avec Z ou peut retenir une valeur moyenne proposée σ_p, valable pour $Z > 60$.

---

(2) *Phys. Rev.*, 36, 1930, p. 57.

(3) V. Guillemin et C. Zenner, *Z. Physik.*, 61, 1930, p. 99; C. Zenner, *Phys. Rev.*, 36, 1930, p. 51.

(4) F. Perrin, *Mécanique Statistique Quantique*, Paris 1939, p. 174-179.

(5) Y. Cauchois, *J. Phys. Rad.*, 13, 1952, p. 113.

Niveau.	σ (Slater).	σ_c (pour $Z > 64$).	σ_p (pour $Z > 60$).	σ_d. $Z = 65$.	$Z = 80$.	$Z = 92$.
K.......	0,30	6,4	5	4,80	5,10	5,22
L_I.......	3,30	21,7	20	15,5	16,34	16,27
L_{II}......	3,30	20,8		16,75	17,61	17,54
L_{III}......	3,30			18,18	20,27	21,58
M_I......	10,25	35,2	33	29,24	32,22	32,92
M_{II}......	10,25	33		31,04	34,10	34,81
M_{III}.....	10,25			32,38	36,78	39,00
M_{IV}......	20,15	30,7		36	40,79	42,64
M_V......	20,15			36,36	41,06	43,63
N_I.......	26,75	45,44	45	43,4	49,39	51,25
N_{II}......	26,75	45		45,8	51,83	53,64
N_{III}......	26,75			46,58	53,92	57,09
N_{IV}, N_V...	43,05	43,5		51,72	58,77	61,78
	43,05			51,81	59,38	62,57

Pour les niveaux plus superficiels on voit que l'on retrouve les coefficients de Slater.

Pour les mêmes valeurs de r, la comparaison des valeurs prises par les fonctions hydrogenoïdes compte tenu des cœfficients d'écrans proposés σ_p avec celles données dans les tables de J. R. Reitz pour les niveaux K et L_I de $Z = 92$, est suffisamment correcte (1 %) pour justifier leur emploi.

Enfin remarquons, en vue de conserver le fruit des calculs déja réalisés, que les cœfficients d'écran adoptés, ont pour effet d'attribuer à des Z plus lourds les intensités absolues et les largeurs de raies de rayons X déja calculées. Certains écarts entre calculs théoriques et mesures expérimentales se trouvent ainsi comblés.

ÉLECTROCHIMIE. — *Tension de décomposition des solutions cryolithiques d'oxydes de titane, vanadium, niobium, tantale, uranium, mobybdène et tungstène à* 1020°C. Note (*) de M. **Pierre Mergault**, présentée par M. Eugène Darmois.

Après avoir donné les tensions de décomposition d'autres solutions d'oxydes dans la cryolithe (1), (2) nous étudions ici une troisième classe d'oxydes (oxydes de Ti, V, Nb, Ta et U) dont l'électrolyse correspond à une réduction à une valence intermédiaire du métal. On donne ensuite les tensions de décomposition de MoO_3, WO_3, puis du wolfram, de la scheelite et de MoO_4Ca.

Les conditions expérimentales étant toujours les mêmes que celles décrites à propos d'autres solutions d'oxydes (1), nous introduisons ici une nouvelle classe

(*) Séance du 28 novembre 1955.

(1) P. Mergault, *Comptes rendus*, **240**, 1955, p. 765 et 864.

(2) P. Mergault, *Comptes rendus*, **241**, 1955, p. 1568.

d'oxydes. J'ai rangé, dans mes Notes précédentes, les oxydes en deux classes suivant le comportement électrochimique de leurs solutions cryolithiques :

Première classe. — Oxydes des métaux plus électropositifs que l'aluminium; l'électrolyse de leurs solutions cryolithiques libère de l'aluminium à la cathode, et la tension de décomposition de ces solutions, est la même que celle des solutions cryolithiques d'alumine.

Deuxième classe. — Oxydes des métaux moins électropositifs que l'aluminium; l'électrolyse de leurs solutions cryolithiques libère à la cathode le métal engagé dans l'oxyde dissous et la tension de décomposition de ces solutions est plus faible que celle des solutions cryolithiques d'alumine. Les valeurs de ces tensions de décomposition permettent d'ailleurs de donner une classification électrochimique de ces métaux (²).

Je parlerai maintenant d'une troisième classe d'oxydes : leur électrolyse, tout au moins au début de cette électrolyse, ne libère à la cathode, ni l'aluminium de la cryolithe, ni le métal engagé dans l'oxyde, mais correspond à un stade de réduction intermédiaire entre l'oxyde dissous et le métal de l'oxyde. Nous trouvons dans cette classe, les anhydrides titanique et vanadique, les oxydes de niobium, Nb_2O_5, tantale, Ta_2O_5 et uranium, UO_2, UO_3, U_3O_8. Pour essayer d'identifier le dépôt cathodique obtenu, on le pulvérise au mortier; puis on le sépare par centrifugation à l'iodure de méthylène ou au bromoforme pour éliminer le plus possible la cryolithe contenue dans ce dépôt. Un radiogramme de poudre est alors établi sur la partie ainsi séparée, par la méthode de Debye-Scherrer avec en général le rayonnement K_α du cuivre : nous pouvons seulement dire que les corps qui apparaissent ne sont pas identifiables au moyen de l'*Index of X. Rays diffraction* (³), et qu'on ne retrouve pas les raies de l'oxyde dissous, ni celles du métal engagé dans l'oxyde. Dans aucun cas nous n'avons pu identifier le stade de réduction intermédiaire correspondant à l'électrolyse, et il semble en conséquence qu'on ait affaire à des corps nouveaux.

L'électrolyse des solutions cryolithiques de TiO_2 ne donne au début de cette électrolyse aucun dépôt cathodique, alors qu'à l'anode, de l'oxygène est libéré : le corps formé à la cathode est sans doute dissous dès sa formation. La tension de décomposition de la solution, établie toujours dans les mêmes conditions déjà décrites (¹) est :

$$E = 0,50 \pm 0,02 \text{ V.}$$

J'ai signalé et étudié la cristallisation de TiO_2 en solution cryolithique sous forme de rutile (⁴) : après électrolyse, on n'observe plus cette cristallisation.

L'électrolyse des solutions de V_2O_5, donne à la cathode, des cristaux noirs à

(³) *Index of X. Rays diffraction*, édité par l'American Society for Testing Material.

(⁴) P. Mergault et G. Branche, *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 914.

éclat adamantin, à structure feuilletée comme les micas : ils se développent à peu près perpendiculairement à la surface de la cathode. On trouve ici comme tension de décomposition :

$$E = 0,08 \pm 0,01 \text{ V}.$$

L'électrolyse des solutions d'oxydes de niobium, tantale, uranium, donne à la cathode un dépôt boueux qui permet la séparation d'une « carotte cathodique ». Les dépôts obtenus par électrolyse des solutions cryolithiques d'oxydes d'uranium sont les mêmes quel que soit l'oxyde dissous. Ces dépôts toutefois, contiennent de l'UO_2 et quand l'électrolyse est prolongée (par exemple si l'on fait passer dans le bain la quantité théorique d'électricité correspondant à la réduction complète en métal de tout l'oxyde dissous), les raies de l'uranium métallique apparaissent, à côté de celles de l'UO_2, et d'autres raies non identifiées. Les tensions de décomposition sont les mêmes quel que soit l'oxyde d'uranium dissous. On trouve ainsi comme tension de décomposition des différentes solutions

$$Nb_2O_5 : \quad E = 0,71 \pm 0,01 \text{ V};$$
$$Ta_2O_5 : \quad E = 0,83 \pm 0,02 \text{ V};$$
$$UO_2,\ UO_3,\ U_3O_8 : \quad E = 1,00 \pm 0,02 \text{ V}.$$

L'électrolyse des solutions d'oxydes du molybdène et du tungstène montre que ces oxydes appartiennent à la deuxième classe des oxydes décrite ci-dessus : on obtient en effet à la cathode, du molybdène et du tungstène métalliques. On a comme tensions de décomposition :

$$MoO_3 : \quad E = 0,10 \pm 0,03 \text{ V};$$
$$WO_3 : \quad E = 0,40 \pm 0,01 \text{ V}.$$

Nous pouvons donc placer ces oxydes dans la classification électrochimique que nous avons déjà donnée ([2]), celle-ci devient alors pour la classe des métaux dont l'électrolyse des solutions cryolithiques de leurs oxydes libère à la cathode le métal engagé dans cet oxyde (2e classe ci-dessus), et par ordre d'électropositivités décroissantes : Mn, Cr, W, Fe, Co, Mo, Ni.

En application des résultats obtenus ci-dessus, nous avons essayé l'électrolyse d'oxydes composés naturels : wolfram [WO_4(Fe, Mn)], scheelite (WO_4Ca), et artificiels : WO_4Ca et MoO_4Ca obtenus par double décomposition dans l'eau entre le chlorure de calcium et le tungstate ou le molybdate de sodium. Conformément aux mesures de tensions de décomposition, l'électrolyse du wolfram donne du fer à la cathode et la tension de décomposition de la solution est la même que celle des solutions cryolithiques d'oxyde de fer.

L'électrolyse des solutions de scheelite ou de WO_4Ca chimique donne du tungstène à la cathode et la tension de décomposition de ces solutions est la même que celle des solutions cryolithiques de WO_3. De même, avec MoO_4Ca,

on obtient du molybdène et la tension de décomposition est la même que celle des solutions cryolithiques de MoO_3. L'électrolyse des solutions de ces oxydes composés est un moyen de séparer les métaux qui s'y trouvent engagés.

Nous ferons enfin remarquer que la cryoscopie des oxydes MoO_3 et WO_3 a montré que ces oxydes n'étaient pas ionisés ([5]). J'ai montré alors que WO_4Ca était scindé en solution dans la cryolithe fondue, en trois particules : WO_3, Ca^{++}, O^{--}, ([6]), la cryoscopie de CaO ayant montré que cet oxyde était ionisé ([7]). La cryoscopie des solutions cryolithiques d'oxydes montre qu'en général, on obtient une courbe qui s'affaisse rapidement avec les molarités croissantes, et c'est ainsi que pour l'alumine, la courbe ne commence à se relever que pour les molarités inférieures à 0,035 ([7]). Rien n'empêche par conséquent, que les courbes correspondant à MoO_3 et WO_3 ne se relèvent aussi pour des molarités inférieures à celles que l'expérience, en l'état actuel des choses, permet d'atteindre. Rien ne s'oppose donc à ce qu'on puisse supposer que les solutions cryolithiques de MoO_3 et WO_3 contiennent des ions Mo^{6+} et W^{6+}, expliquant ainsi l'électrolyse de ces solutions.

RADIOCHIMIE. — *Influence des particules α sur l'hydrogène et le deutérium gazeux.* Note (*) de Mme **Solange Lormeau-Loustau**, présentée par M. Eugène Darmois.

L'intensité du rayonnement ultraviolet émis ne vérifie pas les lois habituelles, et, à pression égale, le deutérium donne lieu à une émission 1,7 fois plus forte que l'hydrogène.

Nous avons montré antérieurement ([1]) que, lorsqu'on soumet un gaz à l'action des particules α, ce gaz est susceptible d'émettre un rayonnement ultraviolet décelable au moyen de photocompteurs à Cu I-alcool sensibles entre 1900 et 2 600 Å.

On a vu que l'intensité de l'émission était proportionnelle à la pression pour les gaz monoatomiques et proportionnelle à la racine carrée de la pression pour les gaz biatomiques. Une cinétique basée sur la désactivation spontanée d'atomes excités rend compte de ce résultat.

L'hydrogène n'obéit pas à ces règles qui ont été vérifiées pour une série de gaz : argon, néon, air, azote, oxygène.

Soit N_0 le nombre de décharges par minute mesuré par le photocompteur

---

([5]) G. Petit, *Rev. Gén. Sc.*, 58, 1951, p. 324; 1-2, 1952, p. 6.
([6]) P. Mergault, *Comptes rendus*, 237, 1953, p. 485.
([7]) M. Rolin, *Thèse*, Paris, 1951.

(*) Séance du 28 novembre 1955.
([1]) R. Audubert et S. Lormeau, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 318.

à l'obscurité, et N le nombre de décharges par minute en présence du rayonnement ultraviolet. Si l'on trace les courbes $\log(N - N_0) = f(\log p)$, on constate dans le cas de l'hydrogène que pour des pressions comprises entre 1 et 40 mm de mercure il y a un accroissement continu des décharges, mais nettement moins accusé que dans les autres gaz biatomiques. Alors que pour ces derniers les points obtenus se situent très exactement sur des droites de pente 1/2, nous avons relevé pour l'hydrogène des irrégularités systématiques, surtout entre 10 et 40 mm. Dans certains domaines de pressions, particulièrement entre 4 et 10 mm, quelques points pris deux à deux, donneraient effectivement des segments de droites de pente 1/2, mais pour l'ensemble on obtient une pente voisine de 1/3. Pour des pressions supérieures à 40 mm de mercure le nombre de décharges par minute reste sensiblement constant et correspond donc à une portion de droite de pente presque nulle.

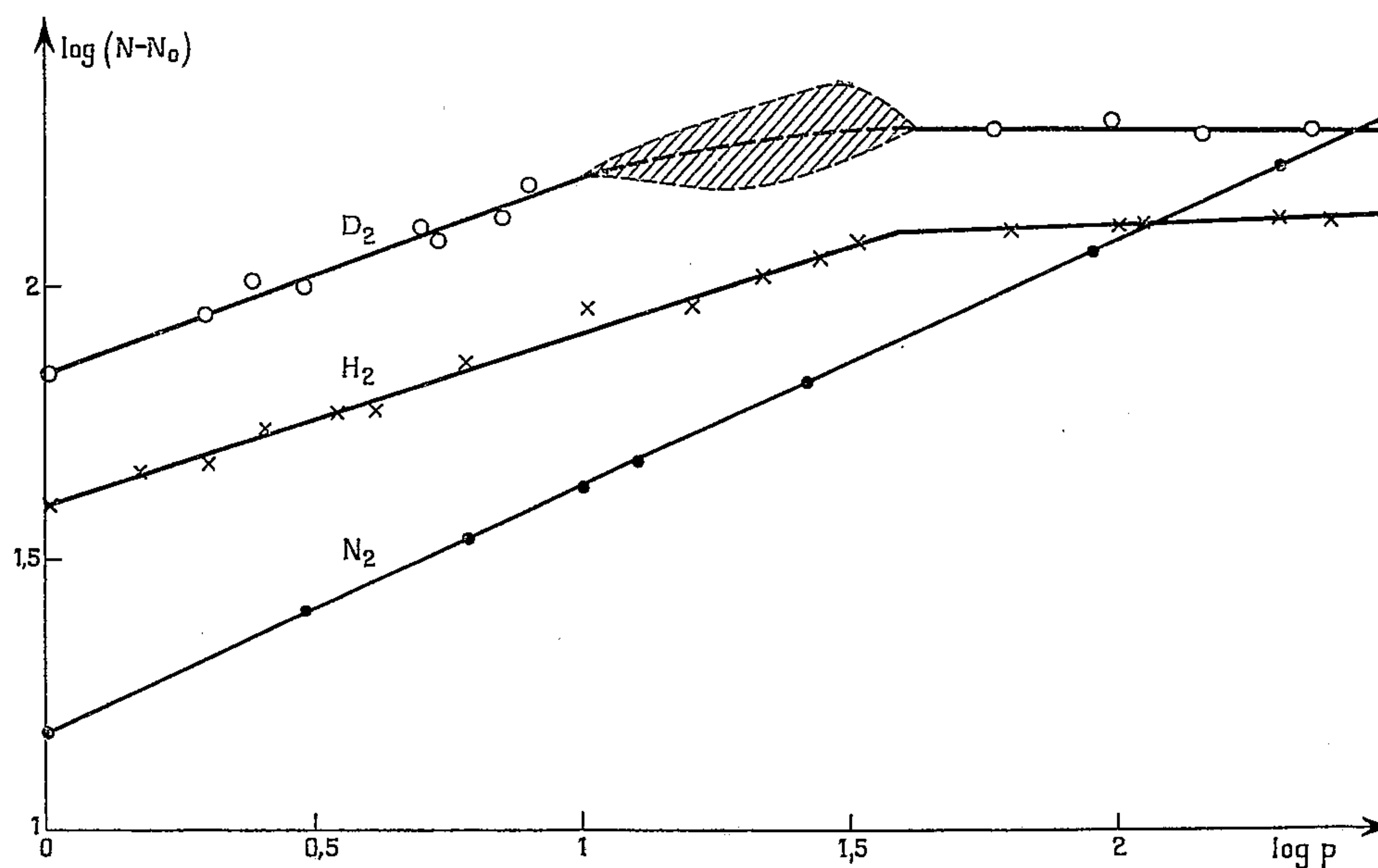


Fig. 1. — Émissions comparées de D_2, H_2, N_2.

Dans le cas de l'hydrogène on ne peut expliquer le rayonnement ultraviolet émis sous l'influence des particules α par une simple activation, ce qui serait en contradiction avec les données spectrales de ce gaz qui ne possède aucune raie possible dans le domaine de sensibilité des photocompteurs utilisés. Il est certain que nous sommes en présence d'un phénomène complexe d'ionisation et que les pourcentages des différents ions formés varient avec la pression. La pente 1/3 trouvée indique peut-être une formation d'ions H_3^+.

Il nous a paru intéressant de soumettre, à l'aide du même dispositif le deutérium à l'action des particules α. Ce deutérium a été obtenu suivant un procédé classique, en faisant passer des vapeurs d'eau lourde dans un four contenant du magnésium en tournures porté à 480°, et en piégeant convenablement à la sortie pour éliminer toute trace d'eau lourde non réduite.

La courbe moyenne des résultats expérimentaux a montré que le deutérium se comporte au point de vue qualitatif sensiblement de la même manière que l'hydrogène. Il faut noter cependant que les fluctuations dans les mesures sont plus grandes, que la pente de la droite est comprise entre 1/3 et 1/2 pour des pressions allant de 1 à 10 mm, et que l'on traverse entre 10 et 40 mm de mercure une zone particulièrement perturbée avant d'atteindre une émission à peu près constante. D'autre part, l'émission du deutérium est à pression égale, en moyenne 1,7 fois plus intense que celle de l'hydrogène.

Si, comme l'indique l'étude spectrale, cette émission est due aux ions formés, le rendement de ce processus d'ionisation est donc plus élevé dans le cas du deutérium.

MÉTALLOGRAPHIE. — *Influence de l'hydrogène introduit dans les aciers sur les phénomènes de rupture différée.* Note de MM. **Paul Bastien** et **Pierre Amiot**, présentée par M. Albert Portevin.

Un acier est d'autant moins sensible à l'action fragilisante de l'hydrogène que sa structure est plus voisine de l'équilibre physicochimique, structural et mécanique. Ce rôle primordial de la structure se retrouve dans les phénomènes de rupture différée en présence d'hydrogène atomique. L'ordre dans lequel sont effectuées la saturation du métal en hydrogène et sa mise sous contrainte mécanique n'est pas indifférent.

Nous avons démontré [1] précédemment qu'un acier était d'autant moins sensible à l'action fragilisante de l'hydrogène que sa structure était plus voisine de l'équilibre physicochimique, structural (perlites et sorbites stabilisées à carbures fins, dispersés et coalescés) et mécanique (minimum de tensions internes).

Les phénomènes de rupture différée se produisant dans les milieux dégageant de l'hydrogène atomique sur des pièces soumises à contraintes mécaniques inférieures à la limite élastique ont fait l'objet d'un nombre restreint d'études [2], [3], [4], [5] malgré leur réel intérêt (appareils d'hydro-

(1) *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 2238.
(2) D. Alexjew et P. Polukarow, *Z. Elektrochem.*, 5, 1926, p. 248.
(3) W. Bell et A. Sully, *J. Iron and Steel Inst.*, 175, 1954, p. 15.
(4) R. Frohmberg, W. Barnett et A. Troiano, *Trans. A. S. M.*, 47, 1955, p. 892.
(5) E. Herzog, *Comptes rendus*, 241, 1955, p. 1129.

génation; équipements de gisements pétroliers renfermant le gaz H_2S).

Bien que nous ayons montré ([6]) que les effets de fragilisation de l'acier au contact de H_2S étaient dus à la diffusion de l'hydrogène atomique dans le réseau du fer, des expériences prolongées de ruptures différées dans des solutions saturées en H_2S sont peu indiquées en raison de la dissolution inévitable par attaque du fer, qui rend les résultats peu sûrs.

Nous avons donc utilisé des fils, chargés électrolytiquement et placés sous contraintes mécaniques de traction, en aciers au carbone à teneurs échelonnées, soumis préalablement à une gamme de traitements thermiques (tableau I).

TABLEAU I.

Repère.	Nuance (C %).	État structural.	Limite de proportionnalité (kg/mm²).	Limite élastique supérieure (kg/mm²).	Résistance à la rupture (kg/mm²).
E	0,08	perlite lamellaire	22	24,0	37,5
F	0,1	perlite lamellaire	31	35,3	44,3
G	0,42	perlite lamellaire	39	41,6	60,0
H 1	0,95	perlite lamellaire	37	40,0	77,5
H 2	0,95	sorbite non coalescée	160	–	177,8
H 3	0,95	perlite globulaire	–	51,0	61,0

Nos expériences ont tout d'abord montré, sur l'acier E, qu'il n'était pas indifférent de mettre sous contrainte de tension l'échantillon avant ou après avoir réalisé la saturation en hydrogène : lorsque la saturation en hydrogène a lieu avant la mise sous contrainte, la contrainte maximum admissible pour ne pas avoir de rupture en 100 h, est de 21 kg/mm², alors que si l'on soumet l'échantillon à une contrainte de 28,5 kg/mm², 24 h *avant* de procéder à la saturation en hydrogène, on n'enregistre pas de rupture sous tension même au-delà de 300 h.

Sur les aciers F, G et H, nous avons procédé systématiquement à une saturation en hydrogène 15 h avant d'appliquer la contrainte. Les résultats suivants ont été obtenus :

a. l'éprouvette ou bien se rompt brutalement dans les premières 24 h d'essai, ou bien elle supporte la charge sans rupture un temps très prolongé, les quelques ruptures très tardives enregistrées pouvant d'ailleurs toutes être imputées à des phénomènes banals de corrosion;

b. les valeurs des contraintes maximum admissibles n_a n'entraînant pas de ruptures différées sont données dans le tableau II :

([6]) *Comptes rendus*, 235, 1952, p. 1031 ; IVe *Congrès Mondial du Pétrole*, section VII/B, preprint 6, 1955.

TABLEAU II.

Aciers.	n_a (kg/mm²).	Aciers.	n_a (kg/mm²).
E	21	H 1	35
F	30	H 2	65
G	39	H 3	55,5

c. la limite élastique supérieure de l'acier H globulisé (H3), chargé en hydrogène, fut trouvée égale à 55,7 kg/mm², le relèvement dû à l'hydrogène étant d'ailleurs un phénomène connu ([7]), ([8]).

Les résultats obtenus montrent l'aptitude aux ruptures pour des taux de contrainte très inférieurs à la limite élastique de la structure sorbitique non coalescée, le comportement intermédiaire des perlites lamellaires et celui particulièrement satisfaisant de la perlite globulaire, tout ceci constituant le prolongement logique, antérieurement dégagé par nous, de l'influence de la structure micrographique de l'acier sur son aptitude à la fragilisation par l'hydrogène ([1]).

L'influence de l'ordre des opérations de chargement électrolytique et de mise sous contrainte s'explique aisément à partir des interactions entre protons et dislocations ([9]) : la mise sous contrainte préalable provoque la mise en mouvement et ensuite le blocage des dislocations les plus instables, et celles-ci ne jouent plus leur rôle pour le transport des protons, contrairement à ce qui a lieu lorsque le chargement en hydrogène précède la mise sous contrainte.

MÉTALLOGRAPHIE. — *Sur les alliages étain-antimoniure d'indium.* Note (*) de MM. **Pierre Baruch** et **Michel Desse**, présentée par M. Georges Chaudron.

La composition, indiquée dans notre précédente Note ([1]), de l'eutectique étain-antimoniure d'indium doit être corrigée comme suit :

Étain	66%	
Indium	17%	soit InSb : 34%,
Antimoine	17%	

la température eutectique étant de (230 ± 2) °C.

Le diagramme présenté précédemment n'est pas affecté par cette correction.

([7]) P. Bastien et P. Azou, *Proceedings of the first World metallurgical congress*, 1951, p. 535.

([8]) H. Rogers, *Acta Metallurgica*, 2, 1954, p. 167.

([9]) P. Bastien et P. Azou, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 69.

(*) Séance du 28 novembre 1955.

([1]) P. Baruch et M. Desse, *Comptes rendus*, 241, 1955, p. 1040.

MÉTALLOGRAPHIE. — *Étude micrographique de l'influence des impuretés sur la diffusion dans les laitons α.* Note (*) de M. André Accary, présentée par M. Georges Chaudron.

L'auteur étudie micrographiquement les modifications dans la structure que provoquent les éléments antimoine, arsenic, phosphore et silicium au cours de la diffusion provoquée par évaporation du zinc dans les laitons α.

Dans une Note précédente (1) nous avons étudié, par une méthode pondérale, l'influence sur la diffusion dans les laitons α des impuretés antimoine, arsenic, phosphore, silicium et aluminium.

L'objet de la présente Note est l'étude des modifications simultanées d'aspect micrographique.

La technique que nous avons utilisée consiste à provoquer la diffusion par évaporation du zinc sous vide dynamique et à observer immédiatement après diffusion la surface des éprouvettes sans polissage intermédiaire. Cette méthode présente l'avantage de permettre d'observer la surface des échantillons sans aucune perturbation.

La figure 1 représente après une heure de diffusion à 780° C, la surface d'une éprouvette de laiton 70/30 ne contenant aucune impureté. Elle montre l'existence de nombreuses porosités réparties au hasard à la surface des cristaux.

La figure 2 montre la surface d'un laiton 70/30, à 0,03 atome pour-cent d'antimoine après une heure de diffusion à 780° C. On voit que les porosités sont plus abondantes que sur le laiton pur. De plus elles sont rassemblées en chapelets aux joints de grains.

En présence d'arsenic ou de phosphore, nous avons observé des aspects semblables à celui obtenu en présence d'antimoine. Comme dans ce dernier cas, les porosités sont plus abondantes que sur un laiton pur et elles s'accumulent en cordons aux joints de grains.

De plus, les porosités sont plus abondantes en présence d'antimoine qu'en présence d'arsenic ou de phosphore et plus abondantes en présence d'arsenic qu'en présence de phosphore.

Si l'on introduit du silicium comme impureté on ne constate plus cette accumulation de porosités aux joints de grains.

On sait que la formation des porosités accompagne le phénomène de diffusion dans les laitons α. Nos résultats montrent donc que les impuretés pentavalentes étudiées provoquent une diffusion particulièrement intense aux joints de grain alors qu'il n'en est rien pour le silicium tétra-

(*) Séance du 28 novembre 1955.

(1) *Comptes rendus*, 241, 1955, p. 1301.

valent. Ainsi, comme au cours de l'étude pondérale, nous constatons l'influence de la valence de l'élément d'addition.

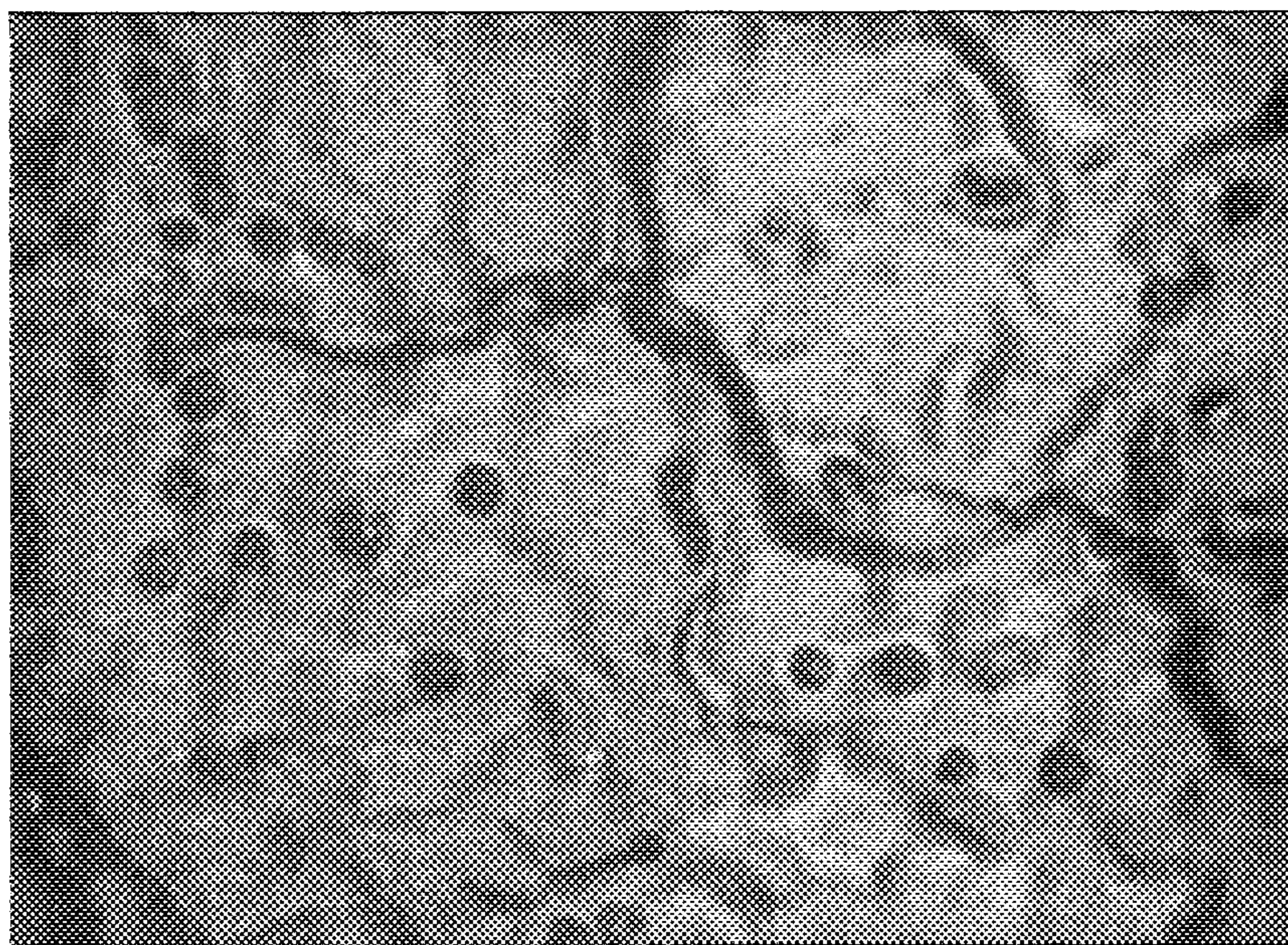


Fig. 1. (× 640). — Surface d'un laiton pur, 1 h d'évaporation à 780°C

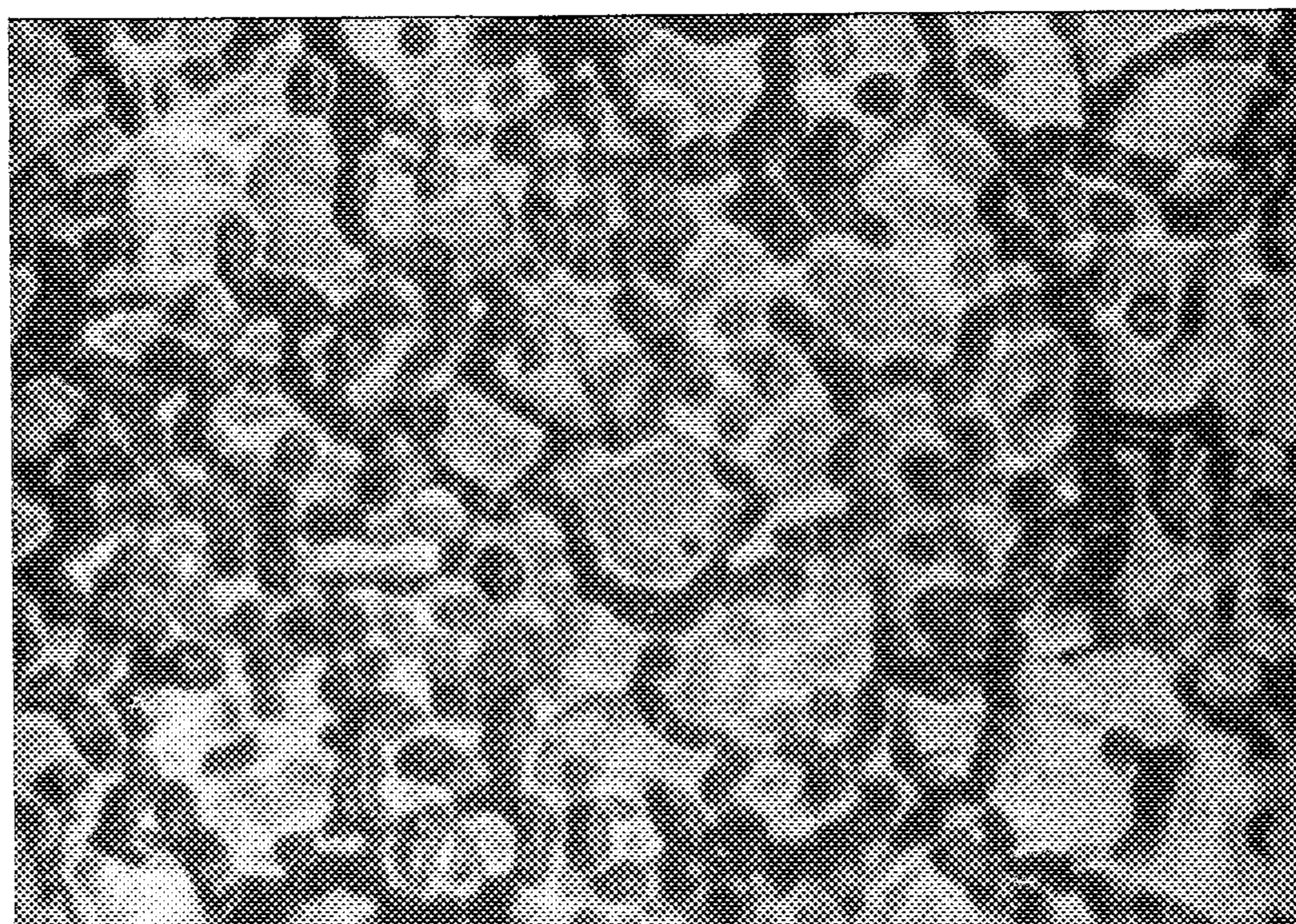


Fig. 2. (× 640). — Laiton à 0,03 atome % d'antimoine, 1 h d'évaporation à 780°C.

Enfin, les éléments pentavalents jouent dans ce phénomène un rôle d'autant plus important que la masse atomique est plus élevée.

Nous pensons que ces résultats ainsi que ceux de notre étude pondérale, en ce qui concerne l'effet de la valence de l'impureté, peuvent être expliqués en admettant que la substitution d'un atome de valence supérieure à deux dans le laiton α favorise la formation de lacunes.

CHIMIE MACROMOLÉCULAIRE. — *Rôle des initiateurs acides dans la formation du polyacétaldéhyde par fusion du monomère cristallisé.* Note de MM. **Maurice Letort** et **Pierre Mathis**, présentée par M. Jacques Duclaux.

On sait que la formation du polyacétaldéhyde au point de fusion du monomère (— 123°,3) nécessite l'intervention d'un initiateur à l'état de traces, en l'occurrence l'acide peracétique qui se forme spontanément par contact du monomère à l'air (1), (2).

Nous avons montré récemment (3) : 1° que l'acide benzoïque initie également la réaction; 2° que des traces d'eau sont un cocatalyseur indispensable à la polymérisation.

Nous avons recherché si, de façon générale, les acides initient la réaction. Cependant, si l'acide peracétique [photoxydation du monomère (2), (4)] et l'acide benzoïque (sublimé) peuvent être commodément préparés à l'état anhydre, il n'en est plus de même des autres corps dont nous avons essayé l'action. Aussi, sauf exceptions (colonne 4 du tableau) nous n'avons pas ajouté d'eau au monomère; celle-ci est sans doute apportée par les corps employés. Au reste, pour certains de ces initiateurs (comme BF_3), il est possible que la molécule CH_3CHO elle-même, qui est polaire, joue le rôle de cocatalyseur.

Le mode opératoire a été décrit (3); il porte sur de l'acétaldéhyde très strictement rectifié. Les expériences à blanc donnent un rendement de $2,5 \pm 1\ \%$, ce qui indique [*cf.* courbe de cocatalyse (3)] que le monomère contiendrait encore quelques millionièmes d'eau et d'acide peracétique.

Dans le tableau, la pureté des produits (commerciaux) utilisés est indiquée chaque fois que nous la connaissions; la teneur du monomère en produit systématiquement ajouté est exprimé en moles pour 10^6 moles CH_3CHO (colonnes 3 et 4); l'aspect du polymère est sommairement décrit (colonne 6), le poids moléculaire (PM) étant estimé par viscosimétrie.

---

(1) M. Letort et J. Petry, *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 519.

(2) M. Letort et J. Petry, *J. Chim. Phys.*, 48, 1951, p. 594 : ce Mémoire donne la bibliographie sur le polyacétaldéhyde depuis sa découverte (M. Letort, 1933).

(3) M. Letort et P. Mathis, *Comptes rendus*, 241, 1955, p. 651.

(4) P. Fillet, M. Niclause et M. Letort, *Comptes rendus*, 236, 1953, p. 1489; *J. Chim. Phys.*, (à paraître).

Expérience n°	Initiateur (pureté).	Teneur pour 10^6 CH_3CHO en initiateur.	en eau (*).	Rendement %.	Nature du polymère.
B 49 IV.....	Acide benzoïque	2000	–	1,2	Normal (**)
B 81	» »	210	–	0,9	»
B 82	» »	210	480	10,5	»
B 47	Acide formique 96 %	1900	–	33,9	P. M. 10^6 env.
B 44	» acétique 99,5 %	1280	–	33,1	»
B 53	» » »	»	–	23,2	»
B 46	Acide propionique 95 %	1040	–	24,3	»
B 49 *bis*.....	» butyrique 99,9 %	900	–	28,2	»
B 49 *ter*.....	$C_2O_4H_2$, $2H_2O$ 99,8 %	2000	–	18,2	»
C 14 *bis*.....	Acide borique	320	–	5,1	Normal
C 14	» »	320	200	13,7	»
B 52........	Acide o-phosphorique 96 %	2000	–	80 à 100	P. M. 10^4 env.
B 59 *bis*.....	» sulfurique 95 %	800	–	60 à 80	»
B 59 *ter*.....	» nitrique 80 %	600	–	80 à 90	»
B 74 *bis*.....	» chlorhydrique 36 %	350	–	80 à 100	»
C 25........	HCl gazeux	15	–	8,6	P. M. faible
D 17	$AlCl_3$ dissous dans CS_2	20	–	9,4	P. M. 10^6 env.
D 19 *bis*.....	» »	40	–	17	»
C 66	$SnCl_4$	500	–	Élevé	Gluant
C 67	$TiCl_4$	500	–	»	»
C 35	BF_3	4,5	–	100	P. M. faible
C 48	»	0,045	–	31	P. M. 10^6 env.
C 61	»	0,01	–	2,2	Normal
B 85	SO_4Am_2	190	–	5,2	P. M. 10^6 env.
B 86	ClO_4Am_2	580	–	4	»
B 75	ClAm	880	200	4,4	»
B 77	»	?	–	15	»
B 57	$S_2O_8Am_2$	520	–	100	Très collant
C 55	»	1	–	3,5	P. M. 10^6 env.
B 98	$S_2O_8K_2$	880	–	2,8	»
B 99 *bis*	SO_4Na_2	180	–	0,8	P. M. 10^6 env.
B 71	NaCl	1080	80	0,6	»
B 83	$(ClO_4)^2Mg$	540	–	0,1	Collant

(*) Systématiquement ajoutée.
(**) P. M. 2.10^6 env.

Qualitativement, il semble qu'on soit autorisé à déduire de ces résultats que :

1° Tous les acides organiques *employés* initient la polymérisation.

2° Il en est de même des acides minéraux utilisés; le rendement est alors considérable mais le degré de polymérisation est faible.

3° Les acides de Lewis sont très actifs, particulièrement BF_3 dont 4,5 moles pour 10^8 moles CH_3CHO donnent un rendement de 31 % (P. M. 10^6 environ);

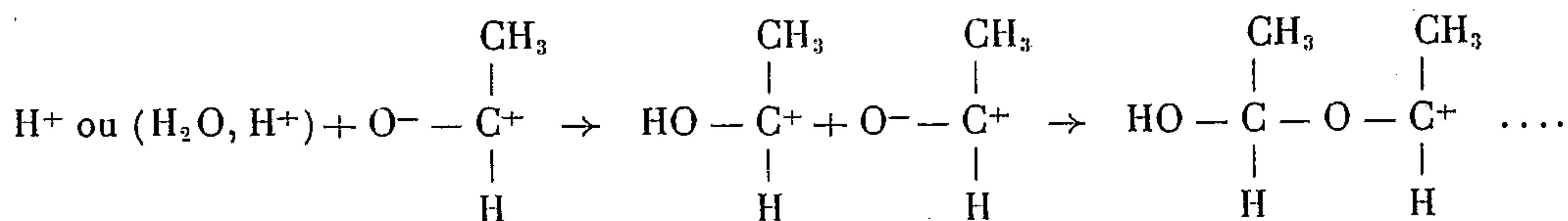
d'après ces nombres chaque molécule BF_3 déterminerait la formation de *plusieurs* chaînes.

4° Les sels d'ammonium paraissent actifs; $S_2O_8Am_2$ l'est considérablement et il ne semble pas que ce soit la fonction peroxydique qui intervienne puisque $S_2O_8K_2$ est sans effet.

5° Les sels « neutres » sont sans effet. Il semble même qu'ils conduisent à un rendement inférieur à celui des expériences à blanc; il est possible qu'en se solvatant ils captent des molécules d'eau qui, ainsi, sont perdues pour la cocatalyse.

6° Rappelons que des traces de NH_3 annulent complètement la polymérisation ([3]).

Ces observations constituent autant d'arguments en faveur d'un mécanisme cationique de polymérisation. Le mécanisme le plus simple qu'on puisse imaginer serait le suivant :



CHIMIE THÉORIQUE. — *Répartition des charges et formation du complexe enzyme-métal.* Note de Mme **Andrée Goudot**, présentée par M. Louis de Broglie.

D'après l'étude théorique que j'ai faite jusqu'alors, le rôle de l'ion métal est différent selon qu'il soit dans son état de valence le plus élevé où il est accepteur vis-à-vis d'un substrat donneur (cas de Fe^{+++} dans les enzymes respiratoires) ou qu'il soit dans un état réducteur (Co^{++} et Mn^{++} dans les dipeptidases) où selon moi l'ion métal agit comme donneur pour le groupement accepteur du substrat. Dans les dipeptidases : le N^+ de la liaison peptidique. Cependant si l'ion métal est l'agent actif de la catalyse dans les enzymes métalloprotéiques, il est rare qu'il puisse agir à l'état d'ion libre. Ceci n'est possible que dans des cas particuliers où il se forme directement un complexe de transfert de charge entre le métal et le substrat et n'a pu être étudié qu'*in vitro* dans des milieux homogènes ([1]). En effet, l'ion métal introduit dans le milieu cellulaire va se lier avec des groupements chargés qui ne sont généralement pas ceux avec lesquels il donne un complexe de transfert de charge. D'après leurs propriétés chimiques, les groupements polaires ont tendance à fixer l'ion métal selon la formation des sels, c'est-à-dire que sur un ion métal oxydant (tel Fe^{+++}) tend à se fixer une base et sur un ion métal réducteur (tel CO^{++} ou Mn^{++})

([1]) *Comptes rendus*, 241, 1955, p. 498.

un acide selon des liaisons laissant le métal dans son état de valence. En effet, si un ion métal tel que Fe^{+++} se lie avec le radical OH qui est accepteur ou s'il forme un complexe avec des groupements faiblement basiques, c'est-à-dire où l'atome de liaison N^{+} est suffisamment positif pour ne pas accepter de proton, il conservera son état de valence. De même Co^{++} ou Mn^{++} en formant des liaisons avec O_2H ou O^{-} des groupements acides faibles resteront dans leur état de valence, O_2H et O^{-} n'étant pas accepteurs. Mais l'ion métal étant fortement réducteur si le substrat est un aminoacide libre il peut donner un complexe de transfert de charge ou même si N^{+} fortement positif un complexe trivalent inerte. Ces derniers sont des inhibiteurs du point de vue biologique. Par contre, les complexes ioniques paramagnétiques, ceux qui ont le plus de chances de se former, jouent un rôle très important en Biologie.

I. Un complexe cationique à ion métal oxydant est connu, c'est le coenzyme des enzymes respiratoires. L'ion central Fe^{+++} est lié aux N^{+} de quatre noyaux pyrrols liés entre eux, ce qui augmente la stabilité du complexe.

En présence d'un substrat donneur le coenzyme va former un complexe de transfert de charge où l'ion métal devient divalent. *In vitro* cette réaction se fait en milieu faiblement acide. En effet, le pH optimum pour la catalase est de 6,5 et pour la peroxydase le pH optimum est de 5,6. *In vivo* le pK limite inférieure au-dessus duquel le substrat peut être donneur est fixé par le point isoélectrique de ce substrat, il est alors chargé négativement pour un corps dont le pK est supérieur. La limite supérieure au-dessous de laquelle le coenzyme agit comme accepteur est donnée par le pK des groupements polaires, c'est-à-dire 6,8.

II. Nous pensons que c'est parmi les complexes du second type qu'il faut chercher les enzymes où l'ion métal actif est réducteur, comme dans les dipeptidases. Dans ces enzymes l'ion métal est lié à la protéine par des liaisons si labiles que l'on n'a pas pu expérimentalement connaître les groupements polaires avec lesquels il forme le coenzyme. Cependant le mode d'action de ces enzymes peut nous donner des informations sur ces groupements. Prenons comme exemple d'enzyme les dipeptidases qui ont comme ion métal réducteur le Co^{++} et dont les substrats sont les dipeptides qui ont un point isoélectrique ou plutôt une bande de pI [2] qui s'étend de pI limite inférieure égale à 4,5 et un pI limite supérieure égale à 7,7. C'est la limite inférieure qui va fixer le pK de l'enzyme et la limite supérieure de pI l'optimum de la réaction, c'est-à-dire le point où la dissociation de la protéine sera maximum.

En effet, le pI inférieur fixe le pK inférieur que peut avoir l'enzyme,

(2) HALDANE, *Enzymes*, Longmans, Green and Co, London, 1930.

ce n'est en effet que si son pK (côté acide) est supérieur à la valeur 4,5 qu'il pourra agir comme donneur et ce sont les groupements polaires acides qui fixent les pK du côté acide du coenzyme. Donc les groupements polaires liés au métal dans le coenzyme doivent avoir un pK légèrement supérieur ou égal à 4,5.

Dans les expériences faites *in vitro* la dipeptidase qui agit sur la diglycine présente un pK acide de 4,8, ce qui est en accord avec ce qui vient d'être dit. On trouve alors parmi les groupements polaires ayant un pK égal ou légèrement supérieur à pK 4,5 : les groupements acides cétoniques dont les pK varient de 4,5 à 4,8 et le deuxième groupe acide phosphorique pK 4,6. La possibilité pour ces derniers d'être parmi les addenda capables de former avec l'ion métal réducteur le coenzyme des dipeptidases est en accord avec les observations faites par A. L. Dounce ([3]) selon lesquelles un flot important d'acides nucléiques (dont le deuxième groupe acide phosphorique est libre) passent du noyau vers le cytoplasme au moment où le métabolisme des protéines est le plus actif.

On peut donc résumer ainsi les propriétés qui caractérisent les groupements polaires de la protéine-enzyme qui forment avec l'ion métal le coenzyme des enzymes métallo protéiques : 1° stabiliser en l'absence de substrat l'ion métal dans son état de valence; 2° leurs pK rendent l'enzyme spécifique pour certains substrats.

CHIMIE GÉNÉRALE. — *Vitesse de cristallisation linéaire. Application aux xylénols.*

Note (*) de M. **David Bono**, présentée par M. Paul Pascal.

Une critique des facteurs influençant la vitesse de cristallisation linéaire des substances permet d'en préciser les conditions d'observation. Nous avons établi les valeurs maxima des vitesses de cristallisation des diméthylphénols et montré qu'elles constituent un critère de pureté pour ces substances.

Nous avons repris les travaux de J. Michel sur les critères de pureté des trois crésols, à savoir la vitesse maxima de cristallisation linéaire ([1]), ([2]). En voulant étendre ce critère de pureté aux xylénols nous avons été amenés à faire une étude critique des facteurs influençant la vitesse de cristallisation, puis à la mesurer pour les xylénols, non étudiés jusqu'à ce jour. Les xylénols seront nommés en commençant par le carbone qui porte l'hydroxyle.

([3]) Sumner, *The enzymes*, 1950.

(*) Séance du 28 novembre 1955.

([1]) J. Michel, *Bull. Soc. Chim. Belg.*, 48, 1939, p. 105.

([2]) J. Timmermans, *Table des constantes physicochimiques*, Elsevier Publ. Co., New-York, 1950, p. 459 et 462.

La cristallisation s'effectue dans un tube capillaire qui contient la substance surfondue à expérimenter. Il est placé dans un thermostat. Quand il a pris la température du bain, on ensemence le liquide surfondu avec un germe de la substance pulvérisée. On mesure la vitesse de progression de la phase cristalline avec un chronomètre de précision. Quand la température du liquide surfondu varie, ce qui est possible en fixant la température du bain thermostatique à des valeurs différentes successives, on remarque que la vitesse de cristallisation, d'abord croissante, conserve finalement une valeur maxima indépendante de la température du bain (courbe typique de Tamman). Cette valeur est une véritable constante physicochimique des substances pures (1).

L'influence du diamètre intérieur des tubes expérimentaux est grande dans le domaine des vitesses croissantes; plus ce diamètre est petit, plus la vitesse est élevée. Mais la vitesse de cristallisation maxima n'est pas influencée par le diamètre intérieur des tubes, aux erreurs d'expérience près. Nos expériences portant sur le 135 xylénol ont pleinement confirmé ces constatations.

Nous avons aussi étudié l'influence de l'épaisseur des parois du tube. Ainsi, nous avons expérimenté sur le 126 xylénol avec des tubes capillaires A (diamètre intérieur 2 mm, épaisseur des parois 1,25 mm) et des tubes capillaires B (diamètre intérieur 2 mm, épaisseur des parois 3 mm). Voici les résultats :

Température du bain (°C)....	40	37,5	35	32,5	30	27,5	25	24
Vitesse (tubes A)...........	465	815	1212	1550	1818	2 150	2 300	2 350
Vitesse (tubes B)...........	371	729	1111	1509	1758	2 000	–	–

Les vitesses sont exprimées en millimètres par minute.

— Les parois épaisses semblent donc déplacer le maximum de la vitesse de cristallisation vers les basses températures du liquide surfondu. L'emploi de tubes capillaires à parois épaisses peut donc rendre parfois difficile l'observation du maximum de la vitesse de cristallisation.

— C'est seulement avec des tubes à parois minces qu'on est assuré de maintenir la température du liquide surfondu constante et égale à celle du bain thermostatique.

Les xylénols expérimentés sont des produits purs commerciaux. Nous les avons soumis à des purifications successives et nous avons déterminé chaque fois le point de fusion et la courbe des vitesses de cristallisation.

Xylénol 135 :

	Courbe de cristallisation.							
Température du bain.......	50	40	35	32,5	30	29	28	23
Vitesse....................	85	133	139	203	208	209	210	210

Point de fusion : 62,5°C.

Après trois distillations fractionnées dans une colonne à sept plateaux théoriques :

Température du bain	35	32,5	28
Vitesse....................	172	203	230

Point de fusion : 63° C.

Après une distillation dans une colonne à 40 plateaux théoriques, le point de fusion s'élève à 63,5° C, et le maximum de la vitesse de cristallisation atteint 280 mm/mn. Les purifications successives produisent donc une élévation simultanée du point de fusion et de la vitesse de cristallisation.

Nous n'avons pas pû poursuivre plus en avant la purification de ce produit. Nous pouvons dire néanmoins que nous avons atteint visiblement la limite, parce que mesurée de place en place la vitesse de cristallisation est la même dans différentes parties du tube capillaire ce qui permet d'affirmer que nous avons obtenu un produit homogène.

Xylénol 125 :

	Courbe de cristallisation.							
Température du bain	70	65	60	55	50	45	40	39,2
Vitesse....................	45	110	199	226	244	256	281	284

Point de fusion : 75,0° C.

Après purification poussée par distillation, la vitesse de cristallisation maxima atteint 295 mm/mn. On a obtenu ici aussi un produit très homogène.

Xylénol 123 :

	Courbe de cristallisation.						
Température du bain	61	59	57	56	54	53	51
Vitesse....................	325	478	575	603	653	660	663

Point de fusion : 74,7° C.

Purifié encore, le xylénol 123 présente une vitesse maxima de cristallisation de 695 mm/mn et un point de fusion net à 75,0° C. Le maximum obtenu est de 810 mm/mn grâce à une distillation poussée. Nous n'avons pas pu purifier au-delà. L'homogénéité ne peut être démontrée qu'aux erreurs d'expériences près. Mais tous les traitements ultérieurs pour purifier ce produit ne modifient plus la valeur de 810 mm/mn du maximum de la vitesse.

Xylénol 134 :

	Courbe de cristallisation.							
Température du bain	55	45	35	32	30	29	21,2	19
Vitesse....................	6,9	64,6	103	109	114	115	124	125

Point de fusion : 64,3° C.

Purifié par distillation dans une colonne à 40 plateaux théoriques, le produit fond à 64,6° C et le maximum de sa vitesse de cristallisation est amené à 132 mm/mn. Le produit obtenu est très homogène. Nous avons remarqué le pouvoir de surfusion de ce xylénol.

Xylénol 126. — Le produit reçu est un produit pur commercial, qui fond à 43,5° C et dont la vitesse de cristallisation est de 2350 mm/mn. Après plusieurs distillations, le point de fusion s'élève à 44,4° C. Après purification, la courbe de cristallisation est la suivante :

Température du bain	35	30	27,5	25	24	23
Vitesse	1 540	2 070	2 410	2 750	2 800	2 850

Point de fusion : 44,5° C.

Tableau des résultats.

Substances.	Vitesse de cristallisation maxima (mm/mn).
Xylénol 126	3 000 ∓ 150
» 123	810 ∓ 10
» 124	–
» 125	300 ∓ 5
» 134	132 ∓ 3
» 135	280 ∓ 5

Ainsi, aux erreurs d'expériences près, et dans les limites de purification par les moyens mis en œuvre, cette série de mesures sur les xylénols permet de considérer la vitesse maxima de cristallisation comme un critère de pureté pour les xylénols et de déterminer le module de la vitesse de cristallisation maxima des divers xylénols (excepté le xylénol 124).

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur les phosphates de potassium.* Note de M. **André Boullé**, Mme **Dominé-Berges** et Mlle **Claudine Morin**, présentée par M. Paul Lebeau.

Étude de la déshydratation de PO_4H_2K mettant d'abord en évidence la formation transitoire d'un triphosphate acide $P_3O_{10}H_2K_3H_2O$ puis d'un sel double $2PO_4H_2K$, $P_2O_7H_2K_2$. Préparation du triphosphate acide et étude de sa transformation en sel double par chauffage.

L'orthophosphate PO_4H_2K lors d'un chauffage continu à l'air (1) commence à se déshydrater dès 220°, puis subit à $t > 240°$ une sorte de fusion en donnant une masse transparente visqueuse dont le refroidissement rapide fournit un « verre » hygroscopique soluble dans l'eau; ceci à condition que la tempéra-

(1) A. Boullé et Mme M. Dominé-Berges, *Sonderdruck aus I. U. P. A. C. Colloquium Münster*, Westf., 2-6, septembre 1954, p. 253-262.

ture de trempe ne dépasse pas 280° pour éviter la formation du métaphosphate insoluble de Kurrol. Les corps vitreux obtenus sont des mélanges complexes dont la composition dépend des conditions de chauffage.

La courbe enregistrée (*fig.* 1) à la thermobalance Chevenard indique de plus que la déshydratation de PO_4H_2K subit un arrêt entre 265 et 285° (vitesse de chauffe 150/h). Des trempes ont été effectuées aux températures : 200°(A), 250°(B′), 315°(D), et les produits correspondants ont été examinés aux rayons X (diagrammes de poudres, rayonnement monochromatique K_α du cuivre) et les fractions solubles ont été analysées par chromato-

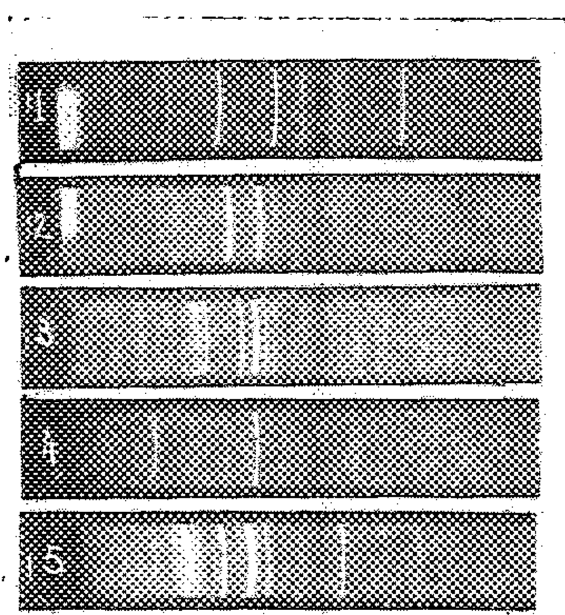


Fig. 1.

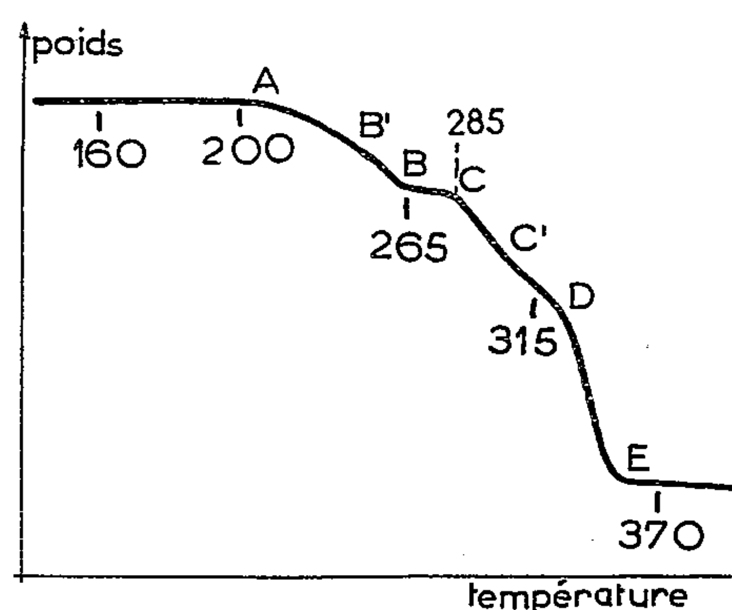
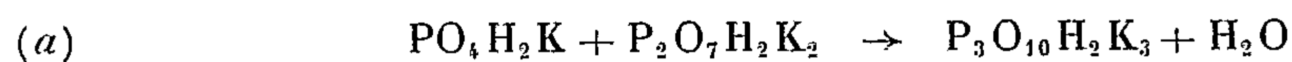


Fig. 2.

Fig. 1. — Analyse thermogravimétrique de PO_4H_2K.
Fig. 2. — 1, PO_4H_2K; 2, Produit « vitreux » du palier BC; 3, $P_2O_7H_2K_2$; 4, $P_3O_{10}H_2K_3$, $n H_2O$; 5, sel double $2PO_4H_2K—P_2O_7H_2K_2$.

graphie ([2]) et potentiométrie ([3]). Au cours du chauffage apparaissent successivement du pyrophosphate (A), du triphosphate (B′), des phosphates polymérisés solubles ou non (D). Les corps d'apparence vitreuse provenant des trempes aux températures du palier BC sont caractérisés par un spectre X encore non observé (*fig.* 2, n° 2); leurs solutions contiennent en plus de l'ortho et du pyrophosphate, corps connus, du triphosphate; nous avions suggéré ([1]) que ce dernier composé pouvait se former au cours d'une réaction telle que



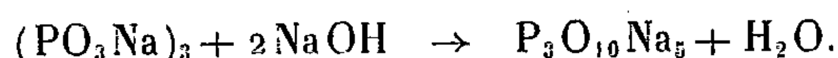
$$(a) \qquad PO_4H_2K + P_2O_7H_2K_2 \rightarrow P_3O_{10}H_2K_3 + H_2O$$

et que le diagramme X nouveau pouvait lui être attribué.

La préparation de ce triphosphate acide a été depuis effectuée par deux voies différentes; les produits de départ sont $P_3O_{10}Na_5$ et $P_3O_{10}K_5$ obtenus par action de NaOH et KOH sur les trimétaphosphates correspondants selon la

([2]) J.-P. Ebel, *Bull. Soc. Chim.*, 20, 1953, p. 991.
([3]) R. Paris et J. Robert, *Comptes rendus*, 223, 1946, p. 1135.

méthode décrite par Thilo pour le sel de sodium (4)



$$(PO_3Na)_3 + 2\,NaOH \rightarrow P_3O_{10}Na_5 + H_2O.$$

Les étapes suivantes sont :

— soit : la précipitation de $P_3O_{10}Ag_5$, suivie de l'action sur ce sel d'argent de la quantité théorique de HCl en vue d'obtenir une solution de l'acide $P_3O_{10}H_5$; cet acide est neutralisé partiellement (acidités fortes) par la potasse en présence d'hélianthine comme indicateur; la validité du « cycle à l'argent », souvent utilisé par l'un de nous, a été vérifiée (5);

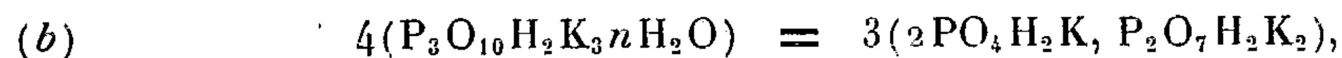
— soit : l'addition d'une quantité calculée de HCl à la solution du triphosphate neutre $P_3O_{10}K_5$.

Dans les deux cas l'addition d'alcool à la solution du sel de potassium provoque la séparation d'une couche huileuse qui cristallise par séchage sous vide à basse température.

Le produit obtenu répond à la formule $P_3O_{10}H_2K_3nH_2O$; il est très hygroscopique d'où une légère incertitude sur la valeur de *n*, un peu supérieure à 1. Sa solution est stable à froid et ne contient que l'ion $P_3O_{10}^{5-}$; son spectre X est caractéristique (*fig.* 2, n° 4).

Le chauffage de cet hydrate jusqu'à 190° ne provoque pas de perte de poids mais une transformation a lieu, révélée par un changement du réseau cristallin et confirmée par l'analyse thermique (dégagement de chaleur à 117°). C'est ainsi que le spectre X (*fig.* 2, n° 5) d'un produit maintenu quelques heures à l'étuve à 105°, par exemple, est différent de celui de l'hydrate initial mais identique (et plus net) au spectre des produits trempés entre 265 et 285° lors du chauffage de PO_4H_2K. D'autre part, le corps ayant subi la transformation précédente, donne une solution qui ne contient plus que les anions ortho- et pyro-phosphates en des proportions déterminées par potentiométrie (3) : 2 mol PO_4H_2K pour 1 mol $P_2O_7H_2K_2$.

Il s'effectue donc à l'état solide, par chauffage et sans variations de poids, une évolution du triphosphate $P_3O_{10}H_2K_3nH_2O$ en une sorte de sel double $2\,PO_4H_2K,\ P_2O_7H_2K_2$ caractérisé par son spectre X que nous avions attribué au triphosphate lui-même avant de l'avoir isolé. La formation du sel double peut être envisagée à partir de 4 mol d'hydrate initial



$$(b) \qquad 4(P_3O_{10}H_2K_3nH_2O) = 3(2\,PO_4H_2K,\ P_2O_7H_2K_2),$$

égalité qui exige $n = 1,25$; or nous avons dit que *n* est un peu supérieur à 1 et difficile à préciser par suite de l'hygroscopicité du triphosphate.

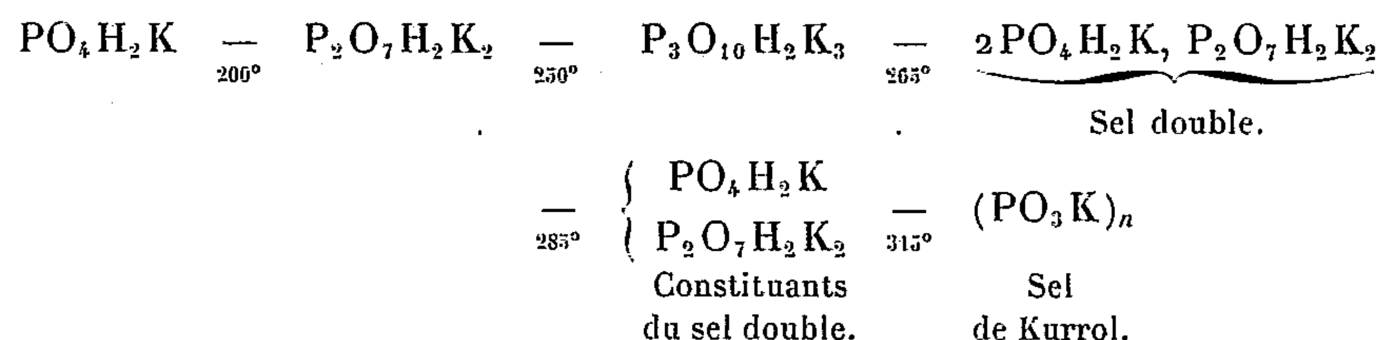
Au cours de la déshydratation de PO_4H_2K, le triphosphate acide peut bien se former dès 250° (B′) suivant la réaction (*a*), mais à partir de 265° (début du

---

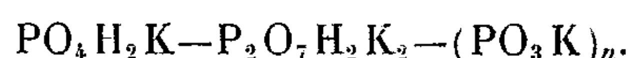
(4) E. Thilo et R. Ratz, *Z. anorg. Chem.*, 258, 1949, p. 33-57.

(5) A. Boullé, *Ann. Chim.*, 11e série, 17, 1942, p. 213.

palier BC) la déshydratation des trois phosphates acides subit un arrêt; par l'intermédiaire du triphosphate acide il y a alors formation du sel double, stable seulement dans un petit domaine de température, et au-delà de 285° la déshydratation de ses constituants reprend son cours. L'ordre d'apparition successive des différents phosphates est le suivant :



Si la déshydratation de PO_4H_2K est effectuée dans le vide, la fusion pâteuse n'a pas lieu; le triphosphate n'apparaît pas comme terme intermédiaire; il se forme dès le début (190°) du métaphosphate insoluble de Kurrol et la fraction soluble est uniquement formée d'ortho et de pyrophosphate. Dans ce cas, la filiation est simple :



$$PO_4H_2K - P_2O_7H_2K_2 - (PO_3K)_n.$$

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur les oxysulfures de cérium et d'yttrium.* Note de M. **Jean Flahaut** et Mlle **Micheline Guittard**, présentée par M. Paul Lebeau.

Les oxysulfures de cérium O_2SCe_2, et d'yttrium O_2SY_2, s'obtiennent en chauffant à 1350°C un mélange d'oxalate et de sulfure. Le second de ces composés n'était pas encore connu. Leur structure cristalline est du même type hexagonal.

La formation de l'oxysulfure de cérium O_2SCe_2 a été observée en 1950 par Eastman et ses collaborateurs (1), dans l'action de l'hydrogène sulfuré humide sur l'oxyde O_2Ce, vers 1200°C. Ce composé possède une structure hexagonale, très voisine de celle de l'oxyde O_3Ce_2 (2). Flahaut et Attal (3) ont décrit en 1954 une préparation, par oxydation du sulfure S_3Ce_2 à l'aide d'un courant de vapeur d'eau diluée dans l'hydrogène à 500°C. L'opération est interrompue lorsque la transformation est environ des quatre cinquièmes, et le sulfure en excès est éliminé par dissolution à froid dans l'acide acétique à 10 %.

Nous avons constaté que la préparation de ce composé est plus facile par combinaison directe du sulfure et de l'oxyde de cérium trivalents à 1350°C, suivant l'équation



$$2O_3Ce_2 + S_3Ce_2 = 3O_2SCe_2$$

(1) Eastman, Brewer, Bromley, Gilles et Lofgren, *J. Amer. Chem. Soc.*, 73, 1951, p. 3896.
(2) Zachariasen, *Acta Crystallogr.*, 1, 1948, p. 265.
(3) Flahaut et Attal, *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 682.

Nous utilisons en réalité un mélange d'oxalate et de sulfure de cérium comprimé à 150 kg/cm² et placé dans une nacelle de graphite. La calcination dans le vide de l'oxalate fournira, de façon intermédiaire, O_3Cl_2. Le chauffage est conduit progressivement pour éviter un dégagement de gaz trop rapide, et l'on maintient un vide relatif au moyen des pompes. On termine par un séjour de trois heures à 1 350° C, sous une pression voisine du millième de millimètre de mercure.

Nous employons un large excès (20 %) de sulfure, afin d'assurer la transformation intégrale de l'oxyde, et finalement le sulfure non combiné est éliminé par traitement à froid avec l'acide acétique à 10 %.

Composition	S (%).	(Cl %).
Théorie pour O_2SCe_2	9,31	81,39
Trouvé	9,96	81,4
	9,97	81,7

La densité est de $6,00 \pm 0,04$, identique à celle calculée à partir de la maille élémentaire contenant une molécule : 6,00.

Les valeurs des paramètres cristallins sont les suivantes :

$$a = 4,00\ \text{Å}, \quad c = 6,87\ \text{Å}, \quad \frac{c}{a} = 1,72.$$

La susceptibilité atomique déterminée par M. Hoarau, est de 2139.10^{-6} C.G.S. à la température ordinaire.

Le produit est de couleur brune.

L'oxysulfure d'yttrium O_2SY_2 n'a pas été décrit. Nous le préparons de façon analogue, mais, au lieu d'oxalate, on peut utiliser l'oxyde O_3Y_2 stable à l'air. L'oxyde d'yttrium nous a été fourni par M. Trombe.

Composition	S (%).	Y (%).
Théorie pour O_2SY_2	13,26	73,52
Trouvé	13,56	73,08
	13,61	73,97

La densité mesurée est de $4,89 \pm 0,01$, et celle calculée à partir de la maille élémentaire : 4,95.

Ce composé possède la même structure hexagonale que l'oxysulfure de cérium. Ses paramètres sont :

$$a = 3,78\ \text{Å}, \quad c = 6,56\ \text{Å}.$$

Il est très légèrement paramagnétique.

Sa couleur est blanc grisâtre.

Ces deux oxysulfures ont des points de fusion très élevés. Ils se carburent facilement au contact du graphite de la nacelle, ce qui peut être mis en évidence en restant 30 mn à 1 500° C. Les points de fusion des produits purs ont fait

l'objet de déterminations instantanées. Le produit comprimé sous forme d'une petite plaquette est placé verticalement dans un support de graphite qu'il dépasse très largement. On chauffe d'abord à 1 400° C jusqu'à ce que la pression atteigne 1/2 500 mm de mercure, de façon à bien dégazer le four. On amène à la température de fusion de la plaquette en 20 à 30 s. Nous avons trouvé 1 950° C pour O_2SCe_2 et 2 120° C pour O_2SY_2. Les produits, après fusion, sont carburés. Aucune volatilisation ne se produit avec l'oxysulfure de cérium. Elle est intense avec celui d'yttrium.

L'hydrogène sulfuré sec agit sur les oxydes en formant d'abord les oxysulfures. Avec l'yttrium, l'oxysulfure renferme un peu de sulfure et une petite quantité d'oxyde décelable sur le diagramme de rayons X, même après un chauffage de 48 h à 900° C (S = 12,9 %). Avec l'oxyde de cérium, l'action de l'hydrogène sulfuré sec s'effectue à température plus basse, 600° C, mais produit beaucoup de sulfure. Pour éviter la formation d'une trop grande quantité de ce dernier, il est préférable d'utiliser de l'hydrogène sulfuré humide, saturé d'eau par lavage, puis passant dans un serpentin entouré de glace fondante. Le produit ainsi préparé est également impur : il renferme encore de l'oxyde et du sulfure.

Les propriétés chimiques des deux oxysulfures sont assez voisines, celui d'yttrium étant cependant plus stable vis-à-vis de la plupart des réactifs. L'acide acétique à 10 % a une action très lente à froid sur l'oxysulfure de cérium, et nulle sur l'oxysulfure d'yttrium. Ce dernier n'est que lentement attaqué par l'acide chlorhydrique à 10 %.

Ces composés sont assez facilement oxydables. L'oxysulfure d'yttrium, qui reste inaltéré à l'air à la température ordinaire, se transforme lentement en oxyde à 200° C. L'oxysulfure de cérium s'oxyde très lentement à l'air, et plus rapidement vers 200-250° C. Il y a, dès le début, une nette augmentation de poids, tandis que le produit change progressivement de couleur et passe du brun au vert-foncé. Plusieurs réactions sont superposées. Une petite quantité de soufre s'élimine sous forme d'anhydride sulfureux. Il se produit simultanément une variation progressive des paramètres cristallins, jusqu'aux valeurs suivantes, qui ne se modifient plus si l'on prolonge l'oxydation :

$$a = 3,96 \text{ Å}, \qquad c = 6,80 \text{ Å}.$$

Cette variation peut résulter de la formation d'une solution solide de substitution, les atomes d'oxygène remplaçant les atomes de soufre dans le réseau cristallin de l'oxysulfure de cérium. On observe également la présence d'un sulfate : en un mois à 200° C, 14 % du soufre se trouve engagé sous cette forme.

Le dérivé vert, chauffé à 1 300° C dans le vide pendant une heure, redevient brun, les paramètres cristallins reprenant les valeurs caractéristiques de O_2SCe_2.

Les solutions diluées de permanganate de potassium ou d'iode se décolorent assez rapidement en présence d'oxysulfure de cérium, mais ne réagissent pas avec le dérivé d'yttrium.

L'emploi de l'aluminium comme réducteur à haute température, permet d'envisager la préparation des sous-sulfures SCe et SY. Ce métal fixe électivement l'oxygène de O_2SCe_2 au-dessus de 1200° C. La réaction est complète en 3 h à 1275° C et conduit à un mélange de SCe, O_3Al_2 et d'alliage AlCe à structure cubique du type chlorure de cæsium. La réduction de O_2SY_2 est moins facile. En 3 h à 1 350° C elle est encore très incomplète.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur les variations de la conductivite électrique et de la température de fusion du protoxyde de fer en fonction de sa composition.* Note (*) de MM. **Jacques Aubry** et **Fernand Marion**, présentée par M. Georges Chaudron.

La variation de la conductivité électrique du protoxyde de fer non stœchiométrique de formule $Fe_{1-x}O$ est donnée à température constante par la relation $C = Kx$ (K = const.). Le point de fusion de l'oxyde ferreux varie très peu en fonction de la composition chimique.

Wagner et Koch ont signalé que la conductivité électrique de l'oxyde ferreux solide subit à température constante des variations très importantes, mais ces résultats ne permettent pas d'établir une loi de correspondance entre la conductivité électrique et la composition chimique du protoxyde de fer ([1]).

Nous avons suivi à température constante les variations de résistance d'un fil de protoxyde de fer en équilibre avec un mélange hydrogène-vapeur d'eau de composition déterminée.

Ce fil d'oxyde ferreux est préparé sur place par oxydation d'un fil de fer pur de longueur et de section connues.

Le fil de fer est attaché à chaque extrémité à un fil de platine qui sert de support et de conducteur électrique.

L'oxydation progressive du fil de fer est indiquée par l'évolution de la résistance du fil. La résistance très faible tant que le métal n'est pas oxydé profondément, augmente, puis se stabilise quand la transformation est totale.

La composition chimique du fil de protoxyde de fer en équilibre à température t avec un mélange hydrogène-vapeur d'eau de rapport P_{H_2O}/P_{H_2} est calculée au moyen de la fonction f (composition, t, P_{H_2O}/P_{H_2}) = 0 que nous avons précédemment déterminée par points au moyen de l'analyse chimique ([2]).

(*) Séance du 28 novembre 1955.

([1]) C. Wagner et E. Koch, *Z. Physik Chem.*, B 32, 1936, p. 439.

([2]) J. Aubry et F. Marion, *Comptes rendus*, 240, 1955, p. 1770.

A température constante on fait varier la composition du mélange hydrogène-vapeur d'eau. Le fil d'oxyde se met en équilibre avec cette atmosphère et l'on mesure sa résistance. On ne peut calculer la conductivité exacte du protoxyde de fer car la section réelle de ce fil ne peut être déterminée. Ce fil de protoxyde de fer se présente en effet comme un cylindre de section constante formé par la juxtaposition de microcristaux d'oxyde ferreux.

Nous avons calculé une conductivité relative en prenant comme longueur du fil d'oxyde la longueur du fil de fer et comme section, la section calculée au moyen de la valeur de la densité ([3]).

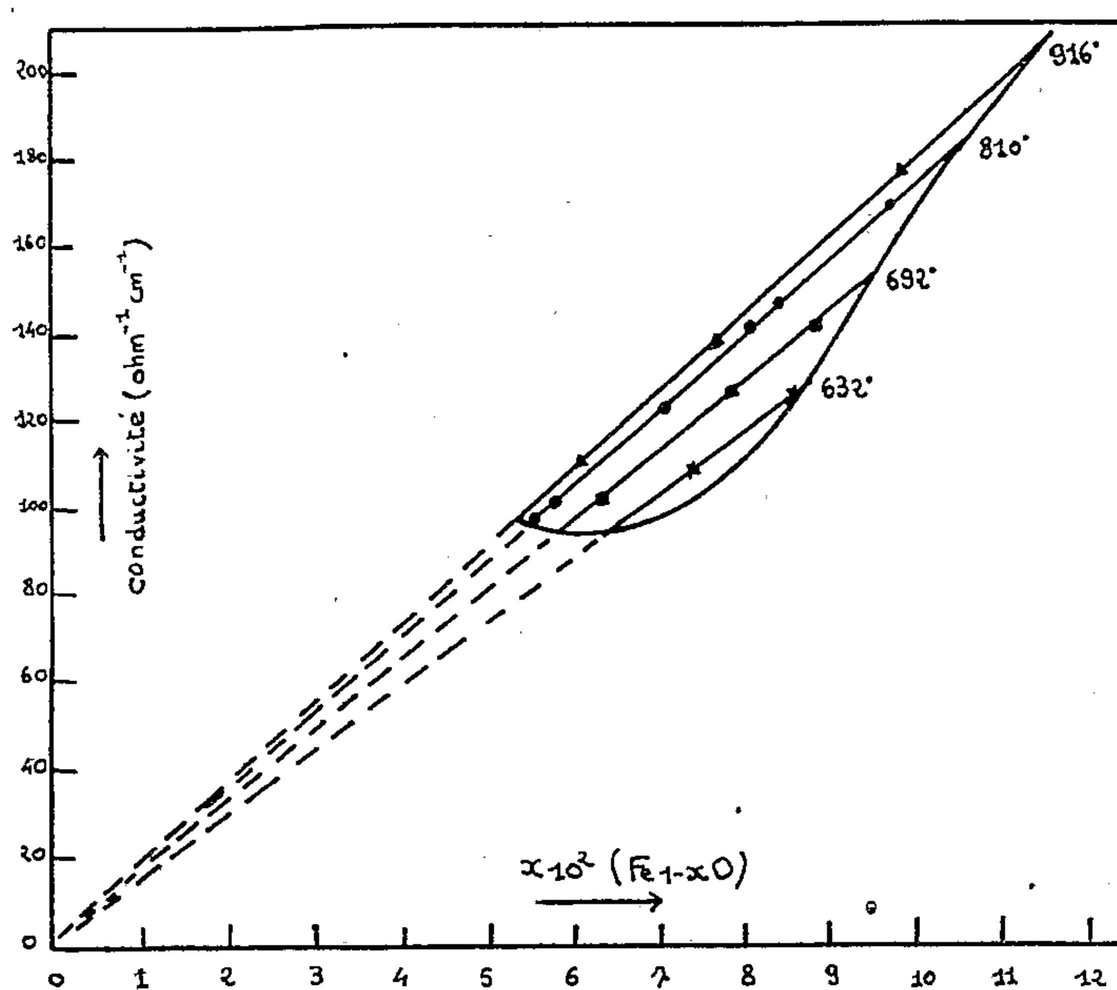


Fig. 1. — Variation de la conductivité électrique du protoxyde de fer en fonction de sa composition chimique définie par la concentration en lacunes de fer (x de $Fe(1-x)O$).

Les résultats expérimentaux (*fig.* 1) montrent qu'à température constante la variation de la conductivité électrique du protoxyde de fer de formule $Fe_{1-x}O$ [formule développée $|Fe^{2+}_{1-3x}Fe^{3+}_{2x}\square_x|$ O en désignant par $\square$ les lacunes de fer ([4])] est donnée par la relation

$$C\ \text{ohm}^{-1}\ \text{cm}^{-1} = K.x$$

x, concentration en lacunes dans l'oxyde ferreux ($0{,}054 \leqq x \leqq 0{,}12$) ([2]);
K, constante qui ne dépend que de la température :

$$K\,632^\circ = 1460, \quad K\,692^\circ = 1600, \quad K\,810^\circ = 1750, \quad K\,916^\circ = 1800.$$

([3]) J. AUBRY et F. MARION, *Bull. Soc. Chim.*, 1955, p. 322.
([4]) A. L. G. REES, *Chemistry of the solid defect state*, Methuen, London, 1954.

Dans le domaine de stabilité de l'oxyde ferreux ([5]) une variation de la composition gazeuse entraîne une variation réversible de la conductivité.

Cette loi est vérifiée avec une dispersion des résultats inférieure à $\pm 1,5\%$ dans toute la partie du domaine du protoxyde de fer où l'on obtient à température ordinaire un oxyde ferreux trempé monophasé dont on connaît avec certitude la composition chimique (région définie par $P_{H_2O}/P_{H_2} < 4$) ([2]).

L'étude de l'évolution de la résistance montre qu'une fois le fil d'oxyde ferreux préparé, celui-ci se met presque instantanément en équilibre avec l'atmosphère gazeuse.

La rapidité de la variation de la composition chimique de l'oxyde ferreux en fonction du rapport P_{H_2O}/P_{H_2} indique que le passage d'un protoxyde $Fe_{1-x}O$ à un protoxyde $Fe_{1-y}O$ est extrêmement facile.

Ceci est en accord avec les chaleurs de formation de l'oxyde ferreux calculées par Darken et Gurry ([6]) : La chaleur de formation du protoxyde $Fe_{1-x}O$ est presque indépendante de la composition.

Le point de fusion de l'oxyde ferreux a fait l'objet de plusieurs déterminations, mais l'étude de sa variation en fonction de la composition chimique n'avait pas été entreprise.

Nous avons mesuré la température de fusion d'un fil d'oxyde ferreux de composition connue.

Un fil de fer pur d'une longueur de 7 à 8 mm est soutenu horizontalement par ses extrémités par deux fils de platine. Deux soudures d'un couple platine-platine rhodié à 10 % sont disposées de part et d'autre du fil de fer.

On transforme le fil de fer en fil de protoxyde de fer vers 1300° dans un mélange hydrogène-vapeur d'eau de composition connue.

Lorsque l'équilibre est atteint on augmente progressivement la température jusqu'à fusion du fil d'oxyde.

On s'aperçoit de la fusion en faisant passer un courant électrique de quelques milliampères dans le circuit constitué par les fils de platine et le fil de protoxyde de fer.

La coupure de ce circuit indique la fusion du fil d'oxyde ferreux.

La composition chimique de l'oxyde ferreux est déterminée par extrapolation jusqu'au point de fusion de la surface f (composition, t, P_{H_2O}/P_{H_2}) $= 0$ qui représente le domaine d'équibre de l'oxyde ferreux ([2]).

Pour chaque composition on a effectué cinq mesures dont on a pris la moyenne (dispersion des résultats $\pm$ 3° C).

Formule	$Fe_{0,932}O$	$Fe_{0,910}O$	$Fe_{0,890}O$
Température de fusion	1378° C	1382° C	1387° C

([5]) G. Chaudron, *Ann. Chim.*, 16, 1921, p. 221.

([6]) L. S. Darken et R. W. Gurry, *J. Amer. Chem. Soc.*, 67, 1945, p. 1398.

Il en résulte que le point de fusion du protoxyde de fer varie très peu en fonction de la composition chimique.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur deux nouveaux composés ternaires bimétalliques, Ca—Al—Si.* Note de MM. **André Chrétien, William Freundlich** et **Alfred Deschanvres**, présentée par M. Louis Hackspill.

Étude radiocristallographique des systèmes $CaAl_2$—Si et $CaSi_2$—Al, en fonction de la composition et de la température. Deux phases ternaires sont révélées dans le premier système : $Ca_3Al_6Si_2$ et $Ca_2Al_4Si_3$. Cette dernière est formée quantitativement dès 1 000° par réaction de l'aluminium sur le bisiliciure de calcium, avec mise en liberté partielle de silicium, réaction très remarquable.

L'étude que nous poursuivons sur la réduction des oxydes réfractaires tels que TiO_2, Al_2O_3, MgO, Nb_2O_5, B_2O_3, par des binaires métalliques s'est développée du fait de réactions secondaires entre l'élément libéré et le réducteur. Certaines de ces réactions prennent un intérêt qui dépasse celui de la réduction simple; il en résulte un moyen d'accès très commode, ignoré jusqu'alors, aux combinaisons entre les métaux, avec possibilité d'y introduire un autre élément comme le silicium. De tels composés restaient encore d'une préparation très incertaine. Nous avons été conduits ainsi à identifier deux ternaires Ca—Al—Si, composés nouveaux, apparus à la suite de la réduction de la silice par $CaAl_2$, et nous avons précisé les conditions de leur formation. C'est l'objet de cette Note. Mais ce travail a nécessité l'étude des systèmes $CaAl_2$—Si et $CaSi_2$—Al.

Les deux binaires de calcium utilisés se préparent par action de l'aluminium ou du silicium sur l'hydrure de calcium, comme nous l'avons montré antérieurement ([1]), ([2]).

Le mélange choisi des deux constituants est comprimé en pastilles de 1 g environ sous 200 kg/cm², puis chauffé sous vide de 10^{-2} mm Hg dans une nacelle en alumine frittée, de 700 à 1000° suivant l'expérience. Après refroidissement rapide, le produit est soumis à une analyse radiocristallographique.

Voici nos conclusions :

1° Le système $CaAl_2$—Si est partagé en trois domaines, tous biphasés, si la température est suffisante pour une transformation complète, 900° :

— $CaAl_2$ subsiste jusqu'à 2 at Si pour 3 mol $CaAl_2$, soit 16,6 g Si pour 100 g; il est accompagné d'une nouvelle phase, α, dont la proportion augmente jusqu'à la disparition de $CaAl_2$. La phase est donc ternaire, de formule $3CaAl_2$, 2Si ou $Ca_3Al_6Si_2$;

([1]) A. Chrétien, W. Freundlich, M. Bichara et G. Tourné, *Comptes rendus*, 239, 1954, p. 978.

([2]) A. Chrétien, W. Freundlich et M. Bichara, *Comptes rendus*, 239, 1954, p. 1045.

— à partir de 2 at Si pour 3 mol $CaAl_2$, une autre nouvelle phase, β, figure avec α, en proportion de plus en plus grande jusqu'à disparition de α; ce résultat s'observe pour 3 at Si et 2 mol $CaAl_2$, soit 30,09 g Si pour 100 g. La phase β est aussi ternaire, formule de $2CaAl_2$, 3Si ou $Ca_2Al_4Si_3$;

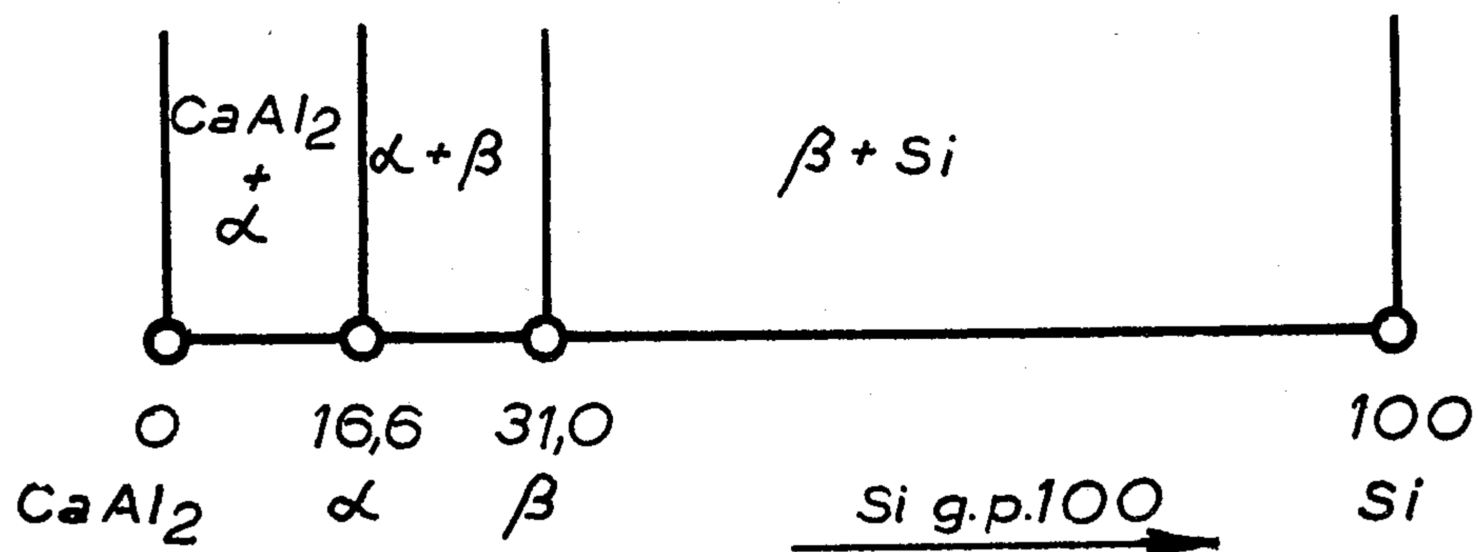


Fig. 1.

— le silicium libre apparaît ensuite, coexistant avec β dont la proportion diminue jusqu'au silicium pur (*fig.* 1).

2° On retrouve toujours la phase β en utilisant des mélanges $CaSi_2$-Al, mais jamais la phase α. De plus, β est toujours accompagnée de silicium libre.

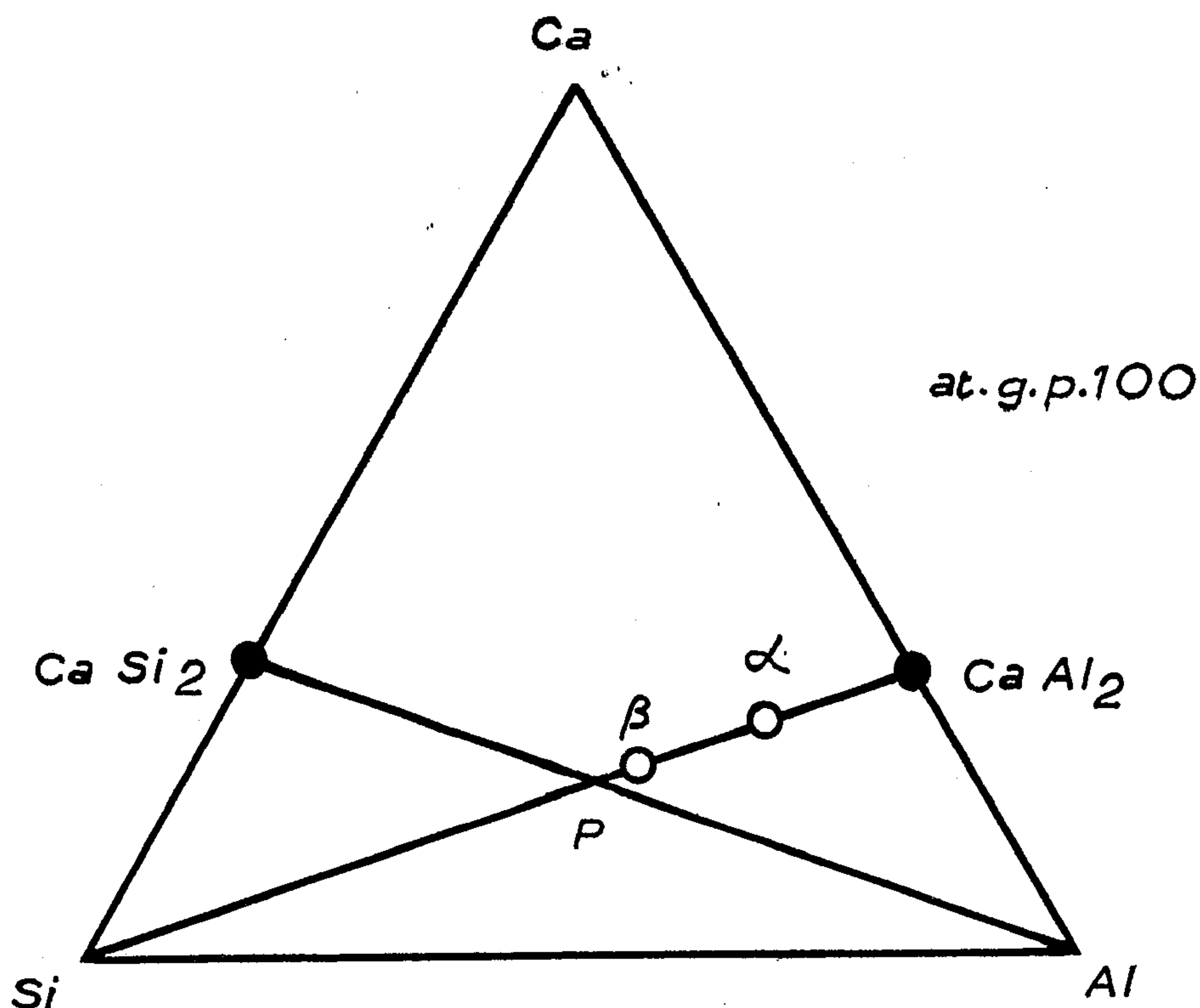


Fig. 2.

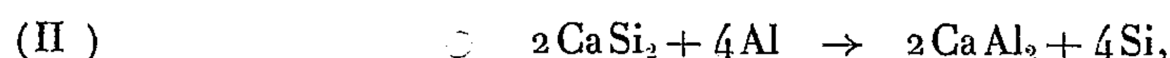
Les deux constituants $CaSi_2$ et Al de ces mélanges disparaissent pour la seule composition de 2 at. Al et 1 mol $CaSi_2$. Une réaction, très remarquable, est donc mise en évidence :



(I) $$2\,CaSi_2 + 4\,Al \rightarrow Ca_2Al_4Si_3 + Si.$$

Elle ne fait intervenir que des solides, et procède par échange partiel du silicium combiné au calcium par de l'aluminium. Cette réaction est complète vers 1000°.

3° Le mélange de bisiliciure de calcium et d'aluminium correspondant à la formation complète de β suivant la réaction précédente est figuré par l'intersection P des droites Si-$CaAl_2$ et Al-$CaSi_2$ du triangle qui représente le système ternaire Ca-Al-Si (*fig.* 2). La phase pourrait donc résulter de l'action du silicium sur le binaire $CaAl_2$ qui serait ainsi un intermédiaire au départ de $CaSi_2$:



(II) $$2\,CaSi_2 + 4\,Al \rightarrow 2\,CaAl_2 + 4\,Si,$$



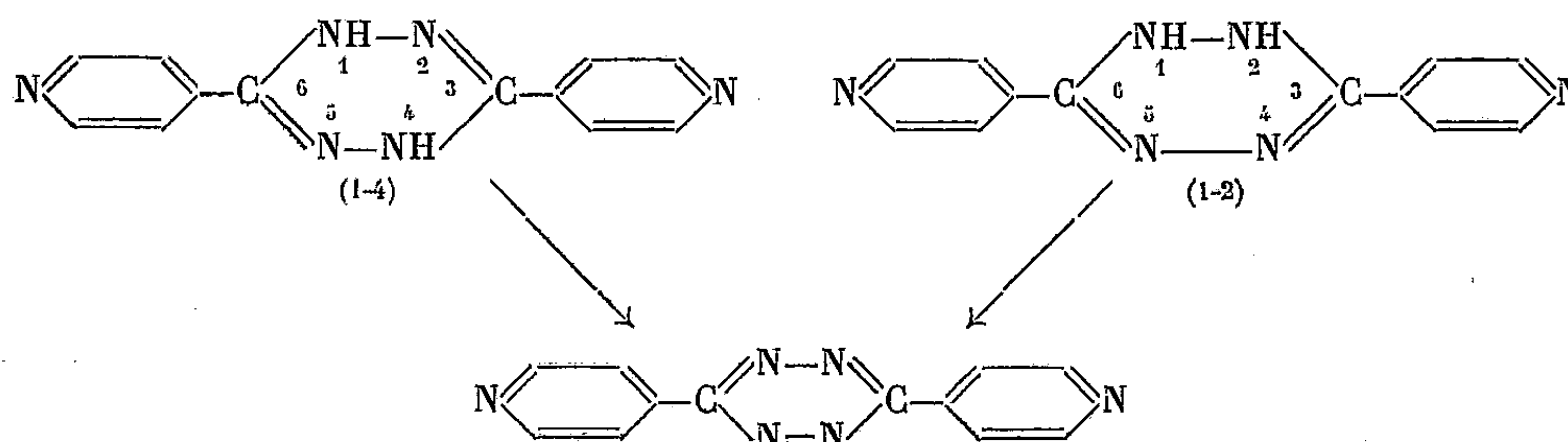
(III) $$2\,CaAl_2 + 3\,Si \rightarrow Ca_2Al_4Si_3.$$

Pour le vérifier, il était nécessaire d'opérer à une température telle que la réaction (III) soit encore suffisamment lente, 700° au plus. Mais $CaAl_2$ ne s'est pas manifesté. Par suite, la formation de β se fait certainement par la réaction directe (I), ce qui n'exclut pas le passage par $CaAl_2$ si la température est suffisante pour que la réaction (III) soit rapide : 1000° environ.

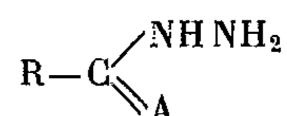
CHIMIE ORGANIQUE. — *Isomérie des dipyridyl-4′ dihydro-*N-N *tétrazines-*1.2.4.5. Note de MM. **Raymond Charonnat** et **Paul Fabiani**, présentée par M. Marcel Delépine.

Au moins dans la série disubstituée par des pyridyl-4′, on obtient à volonté des dérivés dihydrés 1-4 ou 1-2 de la tétrazine-1.2.4.5 : il suffit de passer par un monohydrazide ou bien par un dihydrazide symétrique. Ces corps sont intéressants en raison de leur relation avec la tétrazine tuberculostatique.

Deux formules sont possibles pour une tétrazine disubstituée symétriquement sur le carbone et partiellement hydrogénée sur l'azote. Les deux atomes d'hydrogène peuvent être situés en 1-2 ou en 1-4 et la déshydrogénation de ces deux formes ne peut conduire qu'à une seule tétrazine :

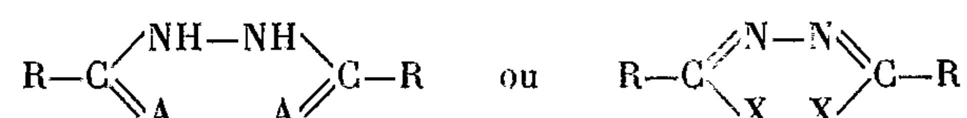


La forme 1-4 doit résulter de réactions de condensation d'hydrazides du type



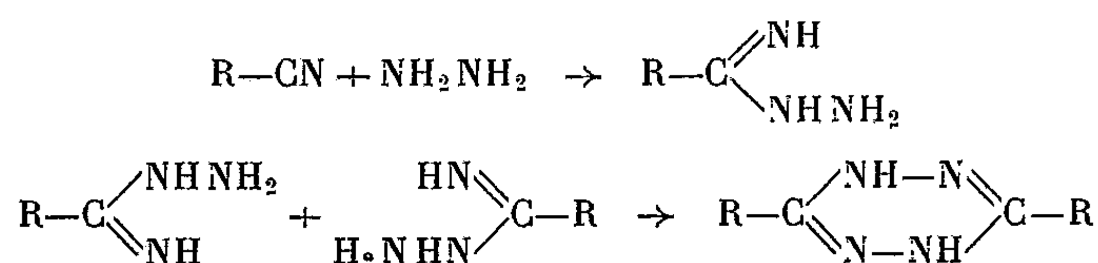
A étant, par exemple, O ou NH.

La forme 1-2 doit résulter de réactions effectuées sur une molécule déjà symétrique :



A étant O ou NH et X un radical ou atome monovalent.

Nous avons réalisé une réaction du premier type en traitant par l'hydrate d'hydrazine à 98-99 % la cyano-4 pyridine. On chauffe au bain-marie bouillant pendant 4 h, en tube ouvert, un mélange de cyano-4 pyridine (1 mole) et d'hydrate d'hydrazine (2 moles). Après refroidissement, on élimine à l'eau chaude l'éventuel excès de nitrile et d'hydrazine et fait cristalliser le résidu. On obtient ainsi (Rdt 45 %) une dipyridyldihydrotétrazine (F 242-243°). La réaction s'établit vraisemblablement par l'intermédiaire d'une hydrazidine :



Au cours de la fusion de cette dihydrotétrazine, on observe une oxydation en dipyridyl-4' tétrazine-1.2.4.5 (F 262°).

Nous avons également obtenu ce dernier corps en déshydratant l'isonicotylhydrazide par l'anhydride phosphorique en milieu pyridique. Dans ce cas, nous n'avons pas isolé la dihydrotétrazine intermédiaire, mais il est certain que la tétrazine (F 262°) se forme par oxydation lente d'une base intermédiaire. Cette diisonicotyltétrazine est remarquablement tuberculostatique.

C'est une réaction du second type que nous avons réalisée en traitant par l'hydrate d'hydrazine l'iminoester correspondant, réaction déjà utilisée par A. Pinner [1], R étant alors un aryle.

Le chlorhydrate d'iminoester éthylique pyridine-γ-carbonique est dissous dans l'alcool absolu et chauffé à reflux pendant 4 h avec un excès d'hydrate d'hydrazine. Par refroidissement, on obtient une dihydrotétrazine à point de fusion nettement plus élevé (272-273°). Là encore, au cours de la fusion, il y a oxydation partielle en dipyridyl-4' tétrazine-1.2.4.5 (F 262°).

Stollé a obtenu, dans la série arylée, un corps de ce type en faisant agir

(1) *Ber.*, 26, 1893, p. 2128; 27, 1894, p. 987.

l'hydrazine sur une dichlorazine ([2]). Dans la série pyridique, nous n'avons pas réussi à passer du diisonicotylhydrazide au dérivé chloré correspondant.

Les deux dihydrotétrazines obtenues se différencient par leur couleur : le dérivé 1-4, à bas point de fusion, est jaune ocre, tandis que le dérivé 1-2, à point de fusion plus élevé, est rouge orangé. Le mélange à parties sensiblement égales des deux dihydrotétrazines fond à 235°. La tétrazine est rouge rubis.

Ces corps sont en général peu solubles dans les solvants, le premier est le plus soluble dans le propylèneglycol. Les solutions se colorent plus ou moins rapidement en rouge, au contact de l'air : l'oxydation est visiblement plus rapide pour le dérivé 1-2 : ceci paraît dû au voisinage des deux atomes d'hydrogène.

L'évolution des solutions des dihydrotétrazines, dans le propylèneglycol, à des concentrations suffisamment faibles pour qu'elles soient incolores dans le visible, a été suivie. Les deux corps ont un maximum d'absorption vers 240 mμ et leurs courbes présentent des épaulements qui les différencient nettement vers 270-275 mμ et vers 310 mμ. Elles aboutissent, par oxydation, à des solutions rosées qui présentent, dans la même zone du spectre, un seul maximum d'absorption, à 270 mμ.

W. J. Van der Burgh a récemment ([3]) décrit l'obtention d'amidrazones, notamment le dérivé pyridylé-4, à partir des thioamides traités par l'hydrazine. Dans cette réaction, nous n'avons pas isolé d'amidrazone, mais obtenu une petite quantité de dihydrotétrazine (F 242-243°), dont Van der Burgh ne fait pas mention. Cette réaction s'effectue selon le premier mode signalé plus haut; en fait, nous chauffions beaucoup plus longtemps que l'auteur hollandais.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Contribution à l'étude des esters orthophosphoriques β-halogénés* (II). Note de Mme **Abigaël Carayon-Gentil**, présentée par M. Léon Binet.

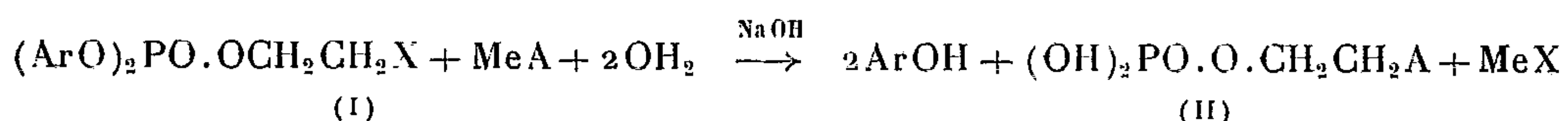
L'auteur décrit la préparation et quelques propriétés d'esters orthophosphoriques β-halogénés et étudie la mobilité de l'atome d'halogène.

Dans une précédente Note ([1]) nous avons décrit avec R. Hazard et P. Chabrier la préparation d'esters orthophosphoriques β-halogénés du type (I), X étant soit un atome de chlore soit un atome de brome; de plus, nous avons étudié les conditions d'hydrolyse des groupements aryles et de

([2]) Stolle et Thoma, *J. prakt. Chem.*, 73, 1906, p. 294.
([3]) *Rec. Trav. Chim.*, 74, 1955, p. 257.

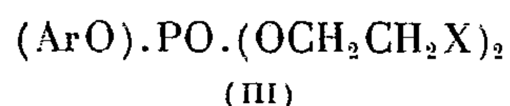
([1]) *Comptes rendus*, 240, 1955, p. 986.

l'halogène, en vue de préparer des combinaisons du type (II), selon la réaction

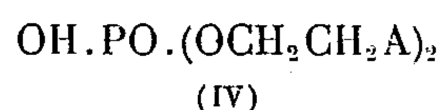


$$(ArO)_2PO.OCH_2CH_2X + MeA + 2OH_2 \xrightarrow{NaOH} 2ArOH + (OH)_2PO.O.CH_2CH_2A + MeX$$
(I) (II)

Nous étudierons ci-après les esters orthophosphoriques du type (III) susceptibles de conduire aux combinaisons (IV), dans des conditions voisines de celles observées pour la préparation des substances du type (II).

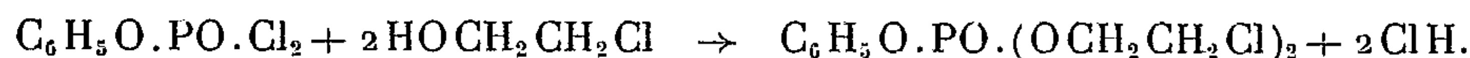


$(ArO).PO.(OCH_2CH_2X)_2$ (III)



$OH.PO.(OCH_2CH_2A)_2$ (IV)

Ester di-[β-chloréthyl]-phénylphosphorique $C_6H_5O.PO.(OCH_2CH_2Cl)_2$. — Ce produit s'obtient en faisant réagir vers 0° C le dichlorure phénylphosphorique sur la monochlorhydrine du glycol dissoute dans un excès de pyridine anhydre et en présence de benzène. La réaction s'effectue selon l'équation



$$C_6H_5O.PO.Cl_2 + 2HOCH_2CH_2Cl \rightarrow C_6H_5O.PO.(OCH_2CH_2Cl)_2 + 2ClH.$$

Après 24 h de contact on sépare par filtration l'ester di-[β-chloréthyl]-phénylphosphorique en solution benzénique du chlorhydrate de pyridine formé. Après évaporation du benzène sous pression réduite, le résidu huileux repris par l'éther est lavé plusieurs fois par SO_4H_2 dilué, puis par CO_3HK_3 en solution aqueuse à 5 %, enfin par l'eau. La solution éthérée séchée abandonne le produit pur (rendement 70-72 %).

Propriétés. — C'est un liquide sirupeux, incolore, soluble dans l'éther, l'éthanol, le benzène, l'acétone et l'acide acétique, insoluble dans l'eau. $É_{0,2-0,5}$ 160-163° C.

Analyse. — $C_{10}H_{13}O_4PCl_2$, calculé %, P 10,37; Cl 23,74; trouvé %, P 10,40; Cl 23,72.

Dosage de phénol. — Calculé %, 31,43; trouvé %, 31,25.

Ester di-[β-bromoéthyl]-phénylphosphorique $C_6H_5O.PO.(OCH_2CH_2Br)_2$. — Cette substance s'obtient à partir de la bromhydrine du glycol en opérant comme précédemment; elle est purifiée de la même manière.

Propriétés. — Son aspect et ses solubilités sont semblables à ceux du dérivé chloré. $É_{0,3-0,5}$ 182-185° C (déc.).

Analyse. — $C_{10}H_{13}O_4PBr_2$, calculé %, P 7,99; Br 41,23; trouvé %, P 8,08; Br 40,40.

Dosage de phénol. — Calculé %, 24,22; trouvé %, 24,28.

Comme pour les esters du type (I) $(C_6H_5O)_2PO.O.CH_2CH_2X$, nous avons étudié l'hydrolyse du groupement phénolique et celle de l'halogène par

l'eau, l'acide sulfurique 3N, l'acide acétique et les alcalis. Dans les deux premiers cas l'hydrolyse est lente. Ainsi l'ester di-[β-chloréthyl]-phénylphosphorique chauffé dans l'eau à 85° durant 3 h perd 13 % de phénol et pas d'halogène; le même ester porté à 78° dans une solution hydroalcoolique d'acide sulfurique 3N perd 6,7 % de phénol après 4 h et 1,3 % de chlore. L'action de l'acide acétique pendant 6 jours à 45° est nulle.

L'hydrolyse alcaline par contre conduit à des résultats plus intéressants que l'on peut comparer à ceux obtenus dans les mêmes conditions à partir des esters β-halogéno-éthyl-diphénylphosphoriques (I).

L'action des alcalis sur les esters di-[β-chloro- et β-bromoéthyl]-phénylphosphorique a été étudiée en milieu hydroalcoolique à 80 %. L'halogène libéré a été dosé par la méthode de Charpentier-Volhard et le phénol à l'état de tribromophénol.

Le tableau suivant présente les résultats obtenus.

Ester di [β-chloréthyl]-phényl-phosphorique (soude 2N).				*Ester di [β-bromoéthyl] phénylphosphorique* (soude 2N).		
A 20°. Libéré (%).		A 78°. Libéré (%).			A 20°. Libéré (%).	
Phénol.	Chlore.	Phénol.	Chlore.	Temps.	Phénol.	Brome.
83	0	95	16,8	60 mn	86,5	–
90	–	95	20,5	90 »	90	8,5
91	3,8	–	–	120 »	93	9,5
98,6	3,8	95	25,0	180 »	94	12,1
99	3,8	–	–	24 h	94	27,9

La recherche de l'acide phosphorique libre a toujours été négative.

On constate à la lecture du tableau :

1° que le groupement phénolique est rapidement hydrolysé par la soude.

2° que dans les mêmes conditions le brome est libéré plus rapidement que le chlore.

3° si l'on compare les résultats ci-dessus à ceux obtenus par hydrolyse alcaline des esters β-halogéno-éthyl-diphénylphosphoriques ([1]), c'est-à-dire l'hydrolyse des esters $(ArO)_2PO.CH_2CH_2X$ (I) et $(ArO)PO.(OCH_2CH_2X)_2$ (III), on observe que le groupement arylé des esters (III) est plus rapidement hydrolysé que ceux des esters (I) ce qui est conforme à la théorie.

Signalons enfin que les tentatives d'élimination du groupement arylé par hydrogénation sous pression, en solution dans l'éthanol anhydre et en présence de PtO_2/charbon ont échoué jusqu'ici.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Recherches sur les ε-cétols*. Note de MM. **Jean Colonge** et **Gérard Descotes**, présentée par M. Marcel Delépine.

L'action du chlorobuténol et du chlorobutynol sur l'ester acétyl-acétique sodé conduit à deux ε-cétols, l'un éthylénique, l'autre acétylénique, permettant d'accéder à de nombreux composés polyfonctionnels.

Le chlorobuténol (I) et le chlorobutynol (II) possèdent chacun un atome de chlore très réactif; ils réagissent sur l'acétylacétate d'éthyle sodé de façon normale en fournissant les esters (III) et (IV) indistillables, mais hydrolysables par les solutions de carbonate de sodium en *heptène*-2 *ol*-1 *one*-6 (V) et *heptyne*-2 *ol*-1 *one*-6 (VI).

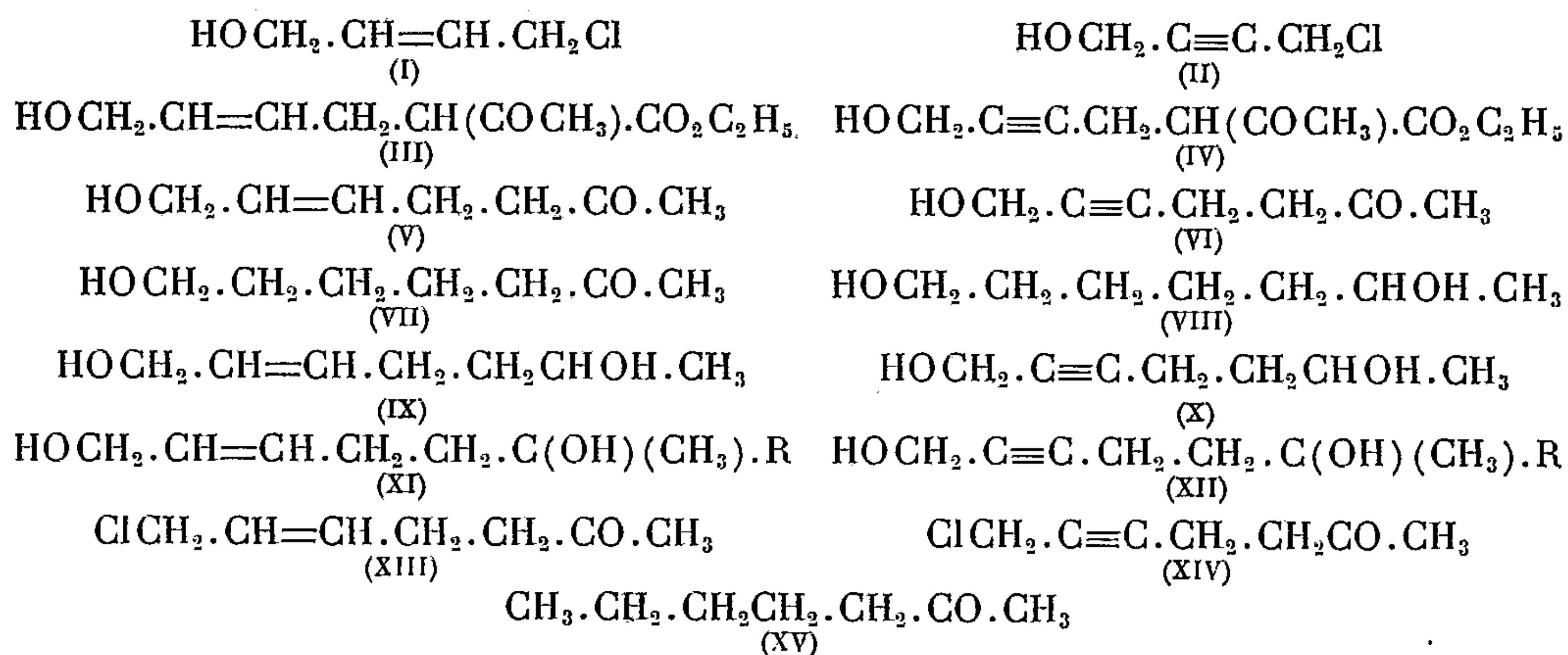
Ces deux ε-cétols non saturés se prêtent à de nombreuses transformations dont certaines sont indiquées ci-dessous.

Par hydrogénation catalytique (V) et (VI) conduisent au même ε-cétol saturé, l'*heptanol*-1 *one*-6 (VII), puis au glycol saturé, l'*heptanediol* 1-6 (VIII), ce qui confirme la constitution des cétols de départ.

Par contre, la réduction au moyen de l'isopropylate d'aluminium, permet d'obtenir l'*heptène*-2 *diol*-1.6 (IX) à partir de (V) et l'*heptyne*-2 *diol*-1,6 (X) à partir de (VI).

Sous l'action des composés organomagnésiens, on aboutit aux glycols non saturés des types (XI) et (XII).

Traités par le chlorure de thionyle, en présence de pyridine, les cétols (V) et (VI) donnent les chlorocétones (XIII) et (XIV). On sait que les cétones γ-chlorées $R.CO.CH_2.CH_2.CH_2Cl$ sont transformées en acyl-cyclopropanes par action de la potasse; or, quoique vinylogue des cétones γ-chlorées, la cétone (XIII) n'a pu être cyclisée en acétyl-cyclopentène; traitée par la potasse, elle donne une cétone aliphatique diéthylénique que l'hydrogénation catalytique convertit en heptanone-2 (XV).



$HOCH_2.CH{=}CH.CH_2Cl$ (I) — $HOCH_2.C{\equiv}C.CH_2Cl$ (II)

$HOCH_2.CH{=}CH.CH_2.CH(COCH_3).CO_2C_2H_5$ (III) — $HOCH_2.C{\equiv}C.CH_2.CH(COCH_3).CO_2C_2H_5$ (IV)

$HOCH_2.CH{=}CH.CH_2.CH_2.CO.CH_3$ (V) — $HOCH_2.C{\equiv}C.CH_2.CH_2.CO.CH_3$ (VI)

$HOCH_2.CH_2.CH_2.CH_2.CH_2.CO.CH_3$ (VII) — $HOCH_2.CH_2.CH_2.CH_2.CH_2.CHOH.CH_3$ (VIII)

$HOCH_2.CH{=}CH.CH_2.CH_2CHOH.CH_3$ (IX) — $HOCH_2.C{\equiv}C.CH_2.CH_2CHOH.CH_3$ (X)

$HOCH_2.CH{=}CH.CH_2.CH_2.C(OH)(CH_3).R$ (XI) — $HOCH_2.C{\equiv}C.CH_2.CH_2.C(OH)(CH_3).R$ (XII)

$ClCH_2.CH{=}CH.CH_2.CH_2.CO.CH_3$ (XIII) — $ClCH_2.C{\equiv}C.CH_2.CH_2CO.CH_3$ (XIV)

$CH_3.CH_2.CH_2CH_2.CH_2.CO.CH_3$ (XV)

Composés préparés :

Heptène-2 ol-1 one-6 $C_7H_{12}O_2$ (V). — Rdt 45 % ; liquide soluble dans l'eau ; $É_{15}$ 130-132° ; d_4^{20} 1,00 ; *semi-carbazone*, F 154°.

Heptyne-2 ol-1 one-6 $C_7H_{10}O_2$ (VI). — Rdt 37 % ; liquide soluble dans l'eau ; $É_5$ 125° ; d_4^{18} 1,043 ; *semi-carbazone*, F 163°.

Heptanol-1 one-6 $C_7H_{14}O_2$ (VII). — Liquide soluble dans l'eau ; $É_{17}$ 133-134° ; d_4^{20} 0,965 ; *semi-carbazone*, F 137°.

Heptanediol-1,6 $C_7H_{16}O_2$ (VIII). — Liquide visqueux, $É_4$ 120-121° ; *di-phényluréthanne*, F 98°, en accord avec Hill et Adkins (1).

Heptène-2 diol-1,6 $C_7H_{14}O_2$ (IX). — Rdt 80 % ; liquide visqueux, $É_3$ 118-120° ; d_4^{20} 0,983.

Heptyne-2 diol-1,6 $C_7H_{12}O_2$ (X). — Rdt 60 % ; liquide visqueux, $É_3$ 124-125° ; d_4^{19} 1,050.

Chloro-1 heptène-2 one-6 $C_7H_{11}OCl$ (XIII). — Rdt 60 % ; liquide, $É_{15}$ 98-100° ; d_4^{15} 1,045.

Chloro-1 heptyne-2 one-6 C_7H_9OCl (XIV). — Rdt 50 % ; liquide, $É_{13}$ 110-112° ; d_4^{15} ; 1,090.

Nous poursuivons cette étude en examinant, en particulier, l'action des amines sur les deux chlorocétones et l'utilisation de certains des composés précités pour passer aux dérivés de l'époxy-1,6 hexane.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'hydratation des composés acétyléniques contenant une fonction aminée en position variable.* Note de M. **Michel Koulkes**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

Comme il a été montré pour les amines α-acétyléniques étudiées précédemment, la fonction aminée oriente nettement l'hydratation des diméthylamino-1 octyne-3 et hexyne-3, ainsi que celle du diméthylamino-1 octyne-4 : l'oxygène se fixe de préférence sur le carbone le plus éloigné de l'azote.

Dans un travail antérieur (1) sur l'hydratation des amines acétyléniques, nous avons mis en évidence que, lorsque le groupement aminé se trouve sur le carbone en α de la fonction acétylénique, il exerce une influence très nette sur la fixation des éléments de l'eau.

Ainsi, l'hydratation des composés : $RC \equiv C.CH_2N(R_1)_2$, où $R = C_4H_9$, C_5H_{11}, $R_1 = CH_3$, C_2H_5, a fourni exclusivement les β-aminocétones, $RCOCH_2CH_2N(R_1)_2$. Il en est de même quand on hydrate les amines primaires acétyléniques correspondantes (2).

(1) *J. Amer. Chem. Soc.*, 60, 1938, p. 1033.

(1) M. Koulkes, *Bull. Soc. Chim.*, p. 39, 1954 ; *Thèse*, Paris, 1955.

(2) I. Marsak et M. Koulkes (sous presse).

Ces résultats sont donc analogues à ceux que l'on obtient quand on hydrate les cétones ou les acides α-acétyléniques ([3]).

Il nous semblait intéressant d'étendre cette étude à des composés dans lesquels la triple liaison est plus éloignée de la fonction aminée, afin de voir comment varie l'influence orientante de cette dernière, lorsqu'on fait croître la distance entre les deux fonctions.

Nous avons donc étudié l'hydratation des amines-β-acétyléniques, $C_4H_9C \equiv C(CH_2)_2N(CH_3)_2$ et $C_2H_5C \equiv C(CH_2)_2N(CH_3)_2$ et d'une amine γ-acétylénique $C_3H_7C \equiv C(CH_2)_3N(CH_3)_2$.

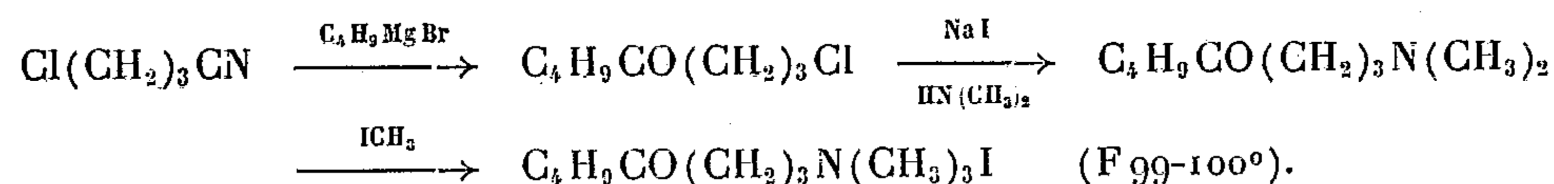
L'hydratation de ces composés a été réalisée à l'aide d'une solution diluée d'acide sulfurique en présence de sulfate de mercure, comme pour les amines α-acétyléniques ([1]), avec un rendement de 65 à 70 %.

Dans le cas du diméthylamino-1 octyne-3 on peut obtenir la diméthylamino-1 octanone-3 ou -4 ou encore un mélange des deux.

Il est connu que les dérivés iodométhylés des β-aminocétones fournissent par chauffage des vinylcétones. Cette propriété peut être avantageusement utilisée pour caractériser et même pour doser les amines contenant une fonction cétonique en β ([1]).

Nous avons donc transformé le produit d'hydratation du diméthylamino-1 octyne-3 en son dérivé iodométhylé et soumis ce dernier au chauffage. D'après la quantité de vinylcétone ainsi obtenue, le mélange ne contient pas plus de 4 à 5 % de composé cétonique en β ([1]).

Le restant du produit, dépassant 90 % de la totalité a fourni, après recristallisation, un composé de point de fusion 99-100°, qui s'est montré identique au dérivé iodométhylé de la diméthylamino-1 octanone-4, obtenu par la suite de réactions suivantes :



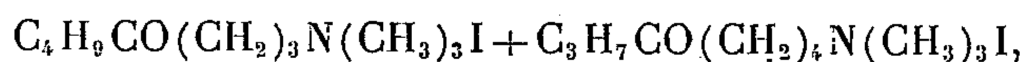
$$Cl(CH_2)_3CN \xrightarrow{C_4H_9MgBr} C_4H_9CO(CH_2)_3Cl \xrightarrow[HN(CH_3)_2]{NaI} C_4H_9CO(CH_2)_3N(CH_3)_2 \xrightarrow{ICH_3} C_4H_9CO(CH_2)_3N(CH_3)_3I \quad (F\ 99\text{-}100°).$$

De façon analogue, nous avons pu montrer que le produit d'hydratation du diméthylamino-1 hexyne-3, contient seulement 4 à 5 % de l'aminocétone en β.

Pour déterminer la composition du produit d'hydratation du diméthylamino-1 octyne-4 qui, *a priori* peut être constitué par un mélange de diméthylamino-1 octanone-4 et 5, nous l'avons également transformé en son dérivé iodométhylé. Ce dernier a été comparé à l'iodure de triméthylammonium-1 octanone-4 déjà signalé ainsi qu'à l'iodure de triméthylammonium-1 octanone-5 dont nous avons réalisé la synthèse de la manière indiquée pour son isomère en γ, en partant de l'ω-chlorovaleronitrile et du bromure de propyl-magnésium.

([3]) MOUREU et DELANGE, *Comptes rendus*, 136, 1903, p. 552 et 753; 132, 1901, p. 1121.

Après avoir établi le diagramme des points de fusion des mélanges



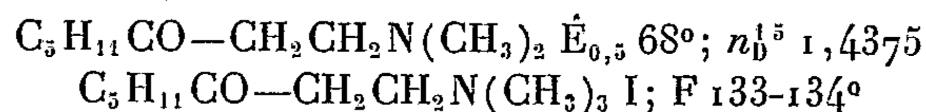
$$C_4H_9CO(CH_2)_3N(CH_3)_3I + C_3H_7CO(CH_2)_4N(CH_3)_3I,$$

nous avons pu constater que le dérivé iodométhylé de l'amine provenant de l'hydratation contient 23-24 % du composé en γ et 76-77 % du composé en δ. Ce dernier peut d'ailleurs être isolé du mélange à l'état pur, par deux cristallisations (alcool-éther) à la température d'environ — 15°.

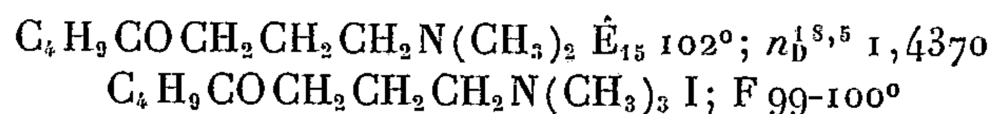
En conclusion, au cours de l'hydratation de diverses classes d'amines acétyléniques, $RC\equiv C.(CH_2)_nN(CH_3)_2$ ($n = 1, 2, 3$), l'oxygène se fixe de préférence sur le carbone le plus éloigné de la fonction aminée. La longueur du radical R, au moins quand il s'agit des groupements butyle ou éthyle, n'intervient pas. On peut donc attribuer les résultats obtenus à l'influence exercée par la fonction aminée. Cette influence s'affaiblit progressivement avec l'éloignement de cette fonction mais reste cependant très nette.

Ceci rejoint les conclusions tirées par Robinson sur l'hydratation de certains acides acétyléniques (4).

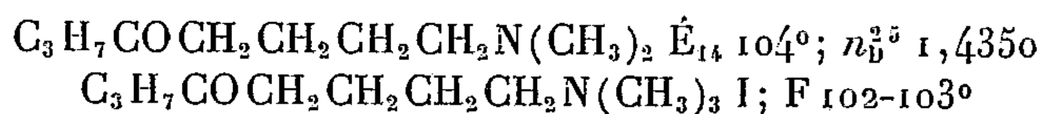
Les constantes des aminocétones obtenues soit par hydratation soit par une autre voie, composés non décrits dans la littérature, à notre connaissance, sont les suivantes :



$$C_5H_{11}CO-CH_2CH_2N(CH_3)_2 \quad \acute{E}_{0,5}\ 68°;\ n_D^{15}\ 1,4375$$
$$C_5H_{11}CO-CH_2CH_2N(CH_3)_3I;\ F\ 133\text{-}134°$$



$$C_4H_9COCH_2CH_2CH_2N(CH_3)_2 \quad \acute{E}_{15}\ 102°;\ n_D^{18,5}\ 1,4370$$
$$C_4H_9COCH_2CH_2CH_2N(CH_3)_3I;\ F\ 99\text{-}100°$$



$$C_3H_7COCH_2CH_2CH_2CH_2N(CH_3)_2 \quad \acute{E}_{14}\ 104°;\ n_D^{25}\ 1,4350$$
$$C_3H_7COCH_2CH_2CH_2CH_2N(CH_3)_3I;\ F\ 102\text{-}103°$$

MINÉRALOGIE. — *Sur les concrétions calcaires observées dans la grotte de Moulis (Ariège).* Note de Mlle **Thérèse Pobeguin**, présentée par M. Charles Jacob.

Dans les grottes, il semble bien que ce soit suivant les possibilités de sursaturation locales qu'il se forme de la calcite ou bien de l'aragonite, c'est-à-dire suivant les rapports existant, d'une part, entre l'arrivée de la solution bicarbonatée et sa concentration et, d'autre part, les phénomènes d'évaporation.

A la suite d'un travail sur les carbonates de calcium (1), j'ai été amenée à étudier les concrétions calcaires du laboratoire souterrain de la grotte de Moulis. J'ai observé des échantillons ramassés par MM. B. Gèze,

---

(4) G. Robinson et R. Robinson, *J. Chem. Soc.*, 1926, p. 2204.

(1) T. Pobeguin, *Ann. Sc. Nat. Bot.*, 11e série, 1954, p. 29-109.

Ph. Renault et moi-même. L'étude au microscope polarisant, jointe à l'analyse de spectres d'absorption infrarouges (région de 6 à 15 μ) et de diagrammes de rayons X (radiogrammes Debye-Scherrer), m'ont permis de retrouver la présence de l'aragonite, non seulement pure en belles aiguilles transparentes, mais mélangée à de la calcite dans de nombreuses concrétions ([2]). De plus, j'ai pu voir que certaines de ces formations calcaires montraient dans l'infrarouge des bandes supplémentaires correspondant à celles des minéraux de l'argile encaissante entraînés dans la concrétion, que celle-ci soit calcitique ou aragonitique, et en faisant partie intégrante.

Par ailleurs, j'ai repris l'étude de l'évaporation de solutions bicarbonatées et j'ai essayé de reproduire *in vitro* les tubes verticaux réguliers de calcite dits « macaronis ». Des expériences sont en cours à ce sujet. Mais, d'ores et déjà, malgré un appareillage assez primitif, j'ai obtenu un certain nombre de résultats qui me semblent dignes d'être signalés.

De plusieurs ampoules à décantation ([3]) remplies d'eau chargée de CO_2 et ayant dissout du calcaire, coule goutte à goutte une solution concentrée en bicarbonate de calcium; les vitesses d'écoulement sont différentes suivant les appareils, ainsi que le diamètre des orifices de sortie. Les conditions d'expérience ne sont évidemment pas celles réalisées dans les grottes, en particulier la température est plus élevée et les solutions sont très concentrées en bicarbonate; néanmoins, avec l'un des appareils, dont la vitesse d'écoulement était d'une goutte toutes les 2 ou 3 minutes, j'ai obtenu un tube, de 0,5 cm de diamètre environ, à parois extrêmement fines, s'allongeant à peu près de 1 cm par mois. La structure des parois est différente de celle des « macaronis » des grottes, où, d'après les auteurs, tous les cristaux de calcite ont la même orientation cristallographique; ici, les très petits cristaux sont soudés les uns aux autres sans ordre, la cristallisation est anarchique, vraisemblablement parce qu'elle est beaucoup plus rapide que lorsqu'ils se forment naturellement. J'ai d'ailleurs retrouvé, dans des stalactites remaniées et altérées de Moulis, des zones opaques où la cristallisation de la calcite est également anarchique. Il est à signaler que les gouttes tombant de l'appareil précédent dans un petit cristallisoir rempli de terre très finement tamisée y ont formé une sorte de petit gour où s'accumulent lentement de minuscules concrétions sphériques — embryons de perles de caverne.

Dans un autre cas où le suintement était suffisamment faible pour que

---

([2]) B. Gèze et Ph. Renault, *Bull. Soc. Fr. Min. Crit.*, 78, 1955, p. 400-409; F. Trombe et M. Foex, *Bull. Soc. Fr. Min. Crist.*, 78, 1955, p. 410-417.

([3]) L'extrémité du tube de l'ampoule, généralement sans robinet, est bouché par du coton hydrophile, qui sert de filtre.

la goutte ne tombe plus, le liquide s'évaporant au fur et à mesure de sa sortie du tube, une sursaturation en calcaire a pu se produire à l'orifice de suintement et j'ai obtenu de l'aragonite (dans une pièce où la température est comprise entre 9 et 13° et où il y a un courant d'air presque constant).

Je pense donc que la présence d'aragonite dans la grotte de Moulis (et dans d'autres grottes où elle a été signalée) s'explique assez facilement et que le schéma général des précipitations peut être présenté de la façon suivante : la solution bicarbonatée est peu concentrée et coule plus ou moins rapidement, elle se sature lentement, c'est de la calcite qui se forme et les molécules de CO_3Ca se placent les unes sur les autres dans une même orientation optique, c'est le cas le plus fréquent (4); si la solution peut se sursaturer plus vite en calcite, des cristaux plus petits apparaissent et se disposent d'une façon anarchique en se soudant les uns aux autres. Si le rapport entre l'arrivée de bicarbonate et l'évaporation de l'eau est tel que la sursaturation en calcite puisse être dépassée et que l'on arrive à la limite de la sursaturation en aragonite (voisine puisque les solubilités de la calcite et de l'aragonite sont voisines), ce sont de fines aiguilles d'aragonite qui se déposent, ou même de splendides « fleurs » comme à Moulis; les bouquets d'aiguilles apparaissent généralement sur des supports en calcite (petites boules tapissant les parois ou longs tubes verticaux); l'aragonite peut également se former en microcristaux au sein même des concrétions calcitiques, suivant les vicissitudes de l'apport en bicarbonate et de l'évaporation : elle est fréquente à Moulis, comme l'ont montré les spectres infrarouges.

Tout ceci concorde avec les expériences de diffusions lentes de solutions carbonatées et calciques faites précédemment (1) et avec les conclusions que j'ai pu en tirer sur l'importance des degrés de sursaturation.

GÉOLOGIE. — *Le haut-fond miocène de Pissos (Landes).*
Note (*) de M. **Michel Vigneaux**, présentée par M. Pierre Pruvost.

La région des Landes de Gascogne présente actuellement un caractère d'uniformité géologique. Le complexe des sables des Landes masque, non seulement les caractères lithologiques du substratum anté-quaternaire, mais aussi son architecture. Les variations considérables de puissance des sédiments récents ont en outre grandement estompé la géomorpho-

(4) W. Prinz, *Nouveaux Mémoires de la Société belge de géologie, de paléontologie et d'hydrologie*, Bruxelles, 1908.

(*) Séance du 28 novembre 1955.

logie landaise que seule l'étude des forages autorise à restituer fraction par fraction. De cette manière, les faits stratigraphiques et structuraux propres à ce pays, sont insensiblement révélés et témoignent d'une grande diversité.

Dans le bourg de Pissos (60 km environ au Sud de Bordeaux), un forage d'une profondeur totale de 167 m a rencontré les sédiments suivants :

1° des sables plus ou moins grossiers, de 0 à 85 m de profondeur, représentant le *Quaternaire*. Ces sables ne constituent pas une masse homogène; ils forment seulement l'élément dominant d'un ensemble caractérisé par une succession de niveaux souvent riches en argile et graviers. Les principales couches de cette série quaternaire s'étagent ainsi :

— 30 m de sable fin des Landes, renfermant des gravillons à partir de 20 m de profondeur;

— 12 m de sable grossier à moyen, mêlé de gros graviers et d'argile, le pourcentage de cette dernière augmentant considérablement à partir de 40 m de profondeur;

— 6 m d'argile vert jaunâtre avec sable grossier;

— 7 m de sable, graviers et cailloutis emballés dans une argile jaune grisâtre ou brune;

— 30 m de sables, d'abord riches en graviers (épaisseur 5 m), devenant de moins en moins grossiers et passant vers la base à un dépôt siliceux fin.

2° des calcaires jaunâtres cristallins plus ou moins détritiques, renfermant des lentilles de sable grossier. La faune qu'ils recèlent rappelle celle des gisements de sables et caractérise l'*Helvétien* dont la puissance atteint ici 30 m;

3° des calcaires compacts recristallisés (épaisseur, 41 m), recouvrant un complexe de calcaire et de marne (épaisseur, 10 m), ce dernier superposé à une argile marneuse traversée par la sonde sur une épaisseur de 1 m. Cet ensemble est très fossilifère; les 20 derniers mètres ont l'apparence d'un véritable falun. La faune richement représentée est comparable à celle rencontrée à Cestas ou Léognan; elle définit le *Girondien* (faciès *Burdigalien*).

Toutes les couches calcaires reconnues dans le sous-sol de Pissos, qu'elles appartiennent à l'Helvétien ou au Burdigalien, présentent un faciès littoral caractérisé par l'abondance des Mollusques et de certains Bryozoaires cheilostomes et témoignent d'une sédimentation de bordure sous une faible épaisseur d'eau.

Or, les couches de même âge rencontrées dans d'autres forages du pays landais [1] présentent le plus souvent des faciès différents de ceux remarqués à Pissos. C'est ainsi qu'à Morcenx comme à Labouheyre ou Ychoux, l'Helvétien se rencontre sous forme de sables argileux gris verdâtres, fossilifères qui résultent d'une sédimentation sur le plateau continental

(1) M. VIGNEAUX, *Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse*, 86, 1951, p. 389-399, 2 fig. (dans le texte).

en eau assez profonde. Il en est de même pour le Burdigalien qui est représenté dans ces forages par des sables fossilifères très argileux. Même à Belin, où les sédiments sont plus détritiques (proximité du flanc Sud de l'anticlinal de Villagrains-Landiras), les faciès paraissent plus profonds qu'à Pissos.

L'emplacement de cette bourgade semble donc avoir constitué une zone surélevée (haut-fond) pendant le dépôt des sédiments marins miocènes. A peu de distance, s'étalait à la même époque une zone nettement plus basse, théâtre d'une sédimentation plus profonde. L'étude de la faune suggère en effet à Labouheyre (localité voisine de Pissos) la proximité d'une côte. Après les temps miocènes, cette zone a été soumise au mouvement général d'enfoncement ayant effecté toutes les Landes occidentales et dont le résultat final est un enfouissement sous 85 m de sédiments quaternaires.

GÉOLOGIE. — *Volcanisme dans le Permocarbonifère de la zone briançonnaise.*

Note de M. **Jean Fabre**, présentée par M. Pierre Pruvost.

A la suite de la découverte de coulées andésitiques et rhyolitiques à des niveaux connus du Permohouiller de la zone briançonnaise, l'auteur présente un essai de chronologie des manifestations volcaniques à la fin du primaire dans cette zone des Alpes.

Le Carbonifère de la zone briançonnaise (ou zone du Grand-Saint-Bernard), d'âge Namurien et Westphalien A, B et C, est en France lardé de microdiorites, microgranites, en particulier dans la région de Briançon, et à un moindre degré dans la vallée de l'Arc (Maurienne). On connaît d'autre part, en Tarentaise (Aime) et, d'après R. Feys (obs. inéd.), dans le Briançonnais, des roches plus basiques, presque exclusivement cantonnées dans la partie Est du bassin.

E. Argand [1] signale dans le Valais une roche qui d'après R. Jäckli [2] s'apparenterait aux prasinites. Dans tous les cas il s'agit de filons. Le plus souvent ce sont des sills injectés entre les strates carbonifères, en particulier au sein des veines d'anthracite cokéfiées à leur contact [3], parfois des dykes, ce qui exclut l'hypothèse d'une mise en place tectonique. Jusqu'à présent aucune roche de coulée, ni aucun tuf, n'a été reconnu parmi eux. Par contre, au Sud de Briançon, dans le prolongement de la zone houillère les andésites et dacites de Guillestre et du Col de Larche ont tou-

---

(1) *Guide géol. Suisse*, 3, 1934, p. 164.

(2) *Ecl. Geol. Helv.*, 43, n° 1, 1950, p. 31.

(3) R. Feys, *C. R. Som. Soc. Géol. Fr.*, 20 décembre 1954, p. 403-406.

jours été considérées comme des roches d'épanchement. Mais on n'en connaît pas le substratum et leur âge permien probable n'a pu encore être prouvé. D'autre part, les galets du Verrucano (Néopermien) de Briançon ne proviennent pas de coulées andésitiques, mais de roches plus acides (liparites) d'origine inconnue.

Les recherches de ces dernières années permettent de préciser davantage l'âge et la succession des phénomènes éruptifs dans cette zone des Alpes :

En *Tarentaise*, au Nord de Saint-Martin-de-Belleville, une rhyolite s'intercale au col de la Lune entre le houiller gris écrasé et un permien à dolomies attribuable au « Permotrias ».

Dans la vallée des Allues, au Nord-Ouest du Rocher de la Loze, l'assise de Courchevel (Stéphanien moyen prob.) contient un schiste extrêmement fin à quartz rhyolitique, feldspath et ex-biotite paraissant résulter du lessivage d'une roche d'épanchement ou plutôt de projections.

A ce moment (Stéphanien) apparaissent dans le houiller des roches anormales (phtanites, schistes silicifiés) qui n'existent pas au dessous.

En *Maurienne*, près de Valloire, une rhyolite, ou une dacite, à peine remaniée, a été trouvée dans les couches à calcaires du sommet du houiller (4) et une rhyolite dans un « permien » versicolore, d'âge indéterminé.

A l'Est du Galibier, M. Lemoine a signalé des tufs rhyolitiques et des brèches à éléments volcaniques dans un Stéphano-autunien présumé, sur la crête de Roche-Château (5). La position stratigraphique de ces roches, dans une série fortement laminée et plissée, restait encore dans l'ombre.

J'ai décrit en 1953 (6) une coulée rhyolitique au milieu de couches versicolores dans la vallée de la Valloirette. Là encore l'écaillage intense ne permettait que des attributions stratigraphiques douteuses.

A 3 km au Sud, le vallon de la Ponsonnière, affluent de la Valloirette, montre heureusement une série plus complète et moins tectonisée (bien que verticale ou localement renversée). En effet, à 500 m au Sud de la route militaire des Rochilles on trouve de l'Ouest à l'Est :

1° *Houiller.* — 10 m environ de grès gris, psammites et schistes noirs à débris charbonneux, sur la rive droite du ruisseau de la Ponsonnière, en face d'un petit affleurement du Permien indéterminé (les deux séries sont en contact par faille).

2° *Stéphano-autunien.* — Contre le houiller viennent en discordance 50 à 100 m de grès et conglomérats verts à quartz blanc et rose, feldspath détritique abondant, débris de schistes et de phtanite noir houillers alternant avec des schistes verts et lie de vin contenant de petits bancs lenticulaires

(4) J. Fabre, R. Feys et C. Greber, *Rapport B. R. G. G. M.*, A-247, 1950.

(5) *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 2468.

(6) *Comptes rendus*, 236, 1953, p. 2416.

de calcaire blond et rose. Ces couches ont tous les caractères de la série supérieure versicolore de Roche-Château, attribuée par M. Lemoine au Stéphano-autunien. La discordance (stratigraphique ou tectonique?) observée entre cette série et le houiller n'est visible que sur quelques dizaines de mètres. Cependant l'abondance d'éléments empruntés au houiller et à un massif cristallin dénote, sinon une déformation, du moins une reprise active de l'érosion à cette époque. La même remarque s'impose en Tarentaise pour les conglomérats contemporains de Courchevel ([7]).

3° *Andésite.* — En concordance avec la série n° 2, on trouve ensuite un banc d'andésite massive, sombre, verte ou violacée, de 20 à 25 m d'épaisseur, que l'on suit sur 1 km au moins vers le Sud.

4° *Conglomérats violets.* — Puis viennent en concordance des conglomérats à pâte schisteuse violette et des schistes remaniant l'andésite sous-jacente, mais sans éléments de houiller, ni de cristallin. Ces conglomérats sont identiques à ceux qui surmontent l'andésite de Guillestre dans les gorges du Guil. Épaisseur, compte tenu des replis : environ 100 m.

5° *Rhyolitoïde.* — Au-dessus vient une barre de roche acide vert clair ou violette, vacuolaire au sommet (vacuoles bordées d'un liséré de quartz et remplies d'une substance serpentineuse vert foncé). Les phénocristaux de quartz, corrodés, sont rares et cantonnés au sommet de la coulée. Cette roche est très semblable à celle découverte au Nord (Fabre, 1953).

6° *Néopermien.* — Surmontant en concordance la rhyolite bulleuse viennent 20 m environ de quartzites à petits galets de quartz blanc et rose et de jaspe rouge, alternant avec des schistes verts et violets. Ce Néopermien passe insensiblement aux quartzites werféniens.

En conclusion, dans le Permocarbonifère briançonnais on ne connaît pas encore de manifestations volcaniques antérieures au Stéphanien.

Au Stéphanien inférieur, quand s'installent les bassins houillers de la chaîne cristalline externe, on voit apparaître dans la zone briançonnaise les premières traces de discordance et se déposer des phtanites (quartzolithes).

Vers la fin du Stéphanien inférieur ou au Stéphanien moyen, les premiers signes d'acticité volcanique (Valloire, La Loze) coïncident avec l'apparition de dépôts carbonatés, ou purement siliceux (schistes et bois silicifiés à Roche-Château, Feys, Greber, obs. inéd.), une reprise de l'érosion des massifs cristallins et un changement des aires de sédimentation (discordance cartographique), évoquant plutôt des phénomènes de bascule qu'une véritable orogénèse. Ceux-ci ont été rapportés à la phase asturienne. [J. Fabre, R. Feys, Ch. Greber, 1955 ([8]), *voir* aussi R. H. Wagner, 1955 ([9])]

([7]) *C. R. Som. Soc. Géol. Fr.*, n° 3, 1952, p. 34-35.

([8]) *Bull. Soc. Géol. Fr.*, (6), 5, 1955, p. 233-242.

([9]) *Estudios geologicos*, n° 26, *Inst. Lucas Mallada*, Madrid, 1955.

Au Stéphanien moyen-Autunien se produisent de nouvelles coulées acides (Valloires, Roche-Château) encore mal connues. La sédimentation est dans l'ensemble versicolore, ici fine, siliceuse et carbonatée, là grossière (conglomérats polygéniques) avec cependant des récurrences de faciès gris. Les massifs cristallins proches ainsi que le houiller sont activement érodés.

L'éruption andésitique clot cette période, ainsi que les intrusions du Carbonifère et les épanchements andésitiques de Guillestre et de la Haute-Ubaye.

L'équilibre topographique paraît atteint et les conglomérats qui viennent ensuite ne remanient plus que l'andésite sous-jacente. C'est peut-être à cette époque que se produisent dans la partie Est du bassin les intrusions basiques et la migmatisation du Stéphanopermien [10].

Une dernière coulée rhyolitique clôt pour cette région des Alpes le cycle éruptif. Elle paraît correspondre à une dernière déformation à laquelle succède la transgression néopermienne, en discordance sur toutes les assises antérieures. Ses dépôts, riches en galets de rhyolite, localement carbonatés (nodules ou bancs calcaires et dolomitiques) passent en continuité au Trias.

Ainsi sous le rapport du volcanisme, la zone briançonnaise et probablement toute la zone pennique [A. Amstutz [11]] présente de grandes analogies à la fin du Primaire avec d'autres régions du bord méridional de la Cordillère de l'Europe moyenne, l'Estérel [12] ou la Corse [13], par exemple.

GÉOLOGIE. — *Les formations de la limite jurassico-crétacée dans la Provence et les Alpes-Maritimes.* Note de M. **Pierre Donze**, présentée par M. Pierre Pruvost.

Entre la bordure méridionale de la « fosse vocontienne » et le massif Maures-Esterel, s'ordonnent, à la limite jurassico-crétacée, des zones de faciès dont le caractère continental est de plus en plus marqué : les dépôts pélagiques font progressivement place à des dépôts néritiques, puis lagunaires et enfin lacustres.

Si, dans le Gapençais et la région de Digne, le sommet du Jurassique et la base du Crétacé conservent des caractères uniformément pélagiques, il n'en est pas de même en Provence et dans les Alpes-Maritimes où l'on enregistre d'importantes variations de faciès à la partie supérieure du Jurassique et plus encore dans les étages inférieurs du Crétacé.

Au Nord d'une ligne Aix-en-Provence-Castellane-Saint-Auban-Col de Braus, les faciès sont encore du type vocontien (marnes et marno-calcaires

---

(10) F. Ellenberger, *Thèse*, Paris, 1954.

(11) *Comptes rendus*, 241, 1955, p. 1150.

(12) P. Bordet, *Mém. Carte géol. Paris*, 1951.

(13) J. W. A. Bodenhausen, *Thèse*, Amsterdam, 1955.

du Valanginien-Berriasien succédant aux calcaires tithoniques), du moins à l'Ouest de Puget-Théniers, car, à l'Est, la sédimentation calcaire affecte progressivement le Berriasien, puis le Valanginien, comme l'a montré J. Goguel ([1]). Cette extension du faciès calcaire ne paraît pas en rapport avec un fait d'ordre bathymétrique : l'analyse micrographique ne révèle aucune différence notable entre les organismes trouvés dans les deux domaines.

Mais, au Sud, ce Berriasien pélagique passe, parfois rapidement, à un Berriasien calcaire ou marno-calcaire ([2]), dans lequel la microfaune benthique devient prépondérante, ce qui indique une diminution de la profondeur marine, comme l'attestent d'ailleurs les surfaces à ripple-marks et les " bone-beds " à dents de poissons ([3]).

Plus au Sud encore, tout au long d'une zone s'étendant depuis Marseille jusqu'à la frontière italienne, en passant par les gorges du Verdon et le col de Castillon, existent dès le Berriasien, des dépôts franchement lagunaires. Ce sont des niveaux à marnes vertes, parfois accompagnés de brèches et de bancs calcaires à cailloux noirs, contenant un mélange d'organismes marins, saumâtres et d'eau douce, parmi lesquels de nombreux Ostracodes et Charophytes : « *Candona* » *bononiensis* J., *Clithrocytheridea returigata* var. *textilis* J., *Clavator reidi* G., *Aclistochara* cf. *hildesiensis* M., etc. Connus depuis longtemps dans la région marseillaise ([4]), ces niveaux sont visibles dans les gorges du Verdon, vers Escragnoles, dans les régions d'Andon et de Thorenc. Ils n'affectent généralement que le Berriasien et la partie inférieure du Valanginien. Mais, localement, celui-ci peut être inclus tout entier dans l'alternance calcaires-marnes vertes, la transgression néocomienne ne débutant alors qu'à l'Hauterivien.

A l'Est de la vallée du Var, les marnes vertes ont pratiquement disparu, et le faciès reste calcaire jusqu'à l'Albien. La régression ne se traduit que par quelques bancs à cailloux noirs et délits marneux à Trocholines et Dasycladacées.

On ne rencontre de véritables dépôts lacustres qu'à proximité du massif Maures-Esterel. Au Nord de Toulon, J. Pfender a déjà signalé, près du Faron, des calcaires à Charophytes et Lituolidés ([5]). J'ai pu vérifier qu'à l'Est du Fort-Grand-Saint-Antoine, existe au-dessus du Jurassique un complexe de bancs calcaires et de marnes où sont représentés des niveaux marins, lagunaires et lacustres. Ces derniers sont riches en organismes

---

([1]) *Bull. Carte géol. Fr.*, 44, 1944, p. 457-518.
([2]) G. Corroy, *C. R. Somm. Soc. géol. Fr.*, 1945, p. 173-174.
([3]) G. Corroy et G. Denizot, *La Provence occidentale*, Hermann, Paris, 1943, p. 30.
([4]) L. Ginsburg, *Bull. Serv. Carte géol. Fr.*, 239, 1952, p. 146-147.
([5]) *C. R. Somm. Soc. géol. Fr.*, 1937, p. 181-183.

d'eau douce : *Aclistochara* cf. *kimmeridgiensis* M., *Aclistochara* sp., *Tolypella* sp., *Clavator thorali* D., « *Candona* » *bononiensis* J., *Cypridea* cf. *granulosa* J., *Cypridea* sp., *Metacypris* cf. *forbesi* J. Il représente la partie supérieure du Berriasien et le Valanginien. On ne sait au juste où débute l'Hauterivien. D'après G. Denizot (6), il serait à inclure, sous un faciès urgonien, dans l'ensemble calcaire supérieur. Cependant, à l'Ouest de Toulon, sur la route stratégique du Gros-Cerveau, C. Gouvernet (7) signale au 2/3 supérieur d'une série similaire, d'un caractère marin d'ailleurs plus marqué, la présence de *Terebratula sanctæ crucis* Catz., qui est une espèce hauterivienne. Il est donc possible qu'au Faron, les bancs supérieurs du complexe marno-calcaire représentent déjà la base de l'Hauterivien.

Ces dépôts d'eau douce existent au Nord de l'Esterel, dans la région de Saint-Vallier, et à l'Ouest du massif, vers Nice et Menton. Des niveaux à marnes vertes et à cailloux noirs, avec Gastropodes et Charophytes, ont été signalés par M. Gignoux et L. Moret (8) près de la gare de Peillon-Sainte-Thècle. Je les ai retrouvés en de nombreux endroits, particulièrement au Sud de Gattières, au Nord-Est de Drap, à la sortie de Nice, sur la Grande-Corniche, sur la Moyenne-Corniche près d'Eze, au Cap Martin près de Menton, vers le viaduc de Caramel non loin du col de Castillon. Ils affectent le Berriasien et la partie inférieure du Valanginien, mais on les retrouve parfois jusqu'à la base de l'Hauterivien.

Il est donc clair, qu'au Crétacé inférieur, des zones de faciès à caractère continental de plus en plus marqué s'ordonnaient autour du massif Maures-Esterel, lequel devait jouer à cette époque le rôle d'un haut-fond émergé.

GÉOLOGIE. — *Sur l'extension de couches continentales tertiaires* (« *Continental terminal* ») *dans le Nord-Est du Bassin du Tchad.* Note de MM. **Charles Bizard, André Bonnet, Jean-Michel Freulon, Georges Gérard, Albert F. de Lapparent, Maurice Lelubre, Pierre Vincent** et **Philippe Wacrenier**, présentée par M. Pierre Pruvost.

La mission géologique du Borkou-Ennedi-Tibesti (Direction des Mines et de la Géologie de l'Afrique Équatoriale française) fut amenée à découvrir d'abord autour de Faya (Tchad) une série continentale plus récente que le « Continental intercalaire » (ou Grès de Nubie), puis à en reconnaître l'extension considérable au Borkou, dans la région d'Ounianga et jusque dans l'Ennedi.

(6) *Comptes rendus*, 225, 1947, p. 756.
(7) *Structure de la région toulonnaise* (*Thèse*, Paris, 1955, p. 86).
(8) *C. R. Somm. Soc. géol. Fr.*, 1937, p. 116-117.

RÉPARTITION (1). — 1° *Dans la cuvette de Faya*, en discordance sur les grès paléozoïques, une série de couches d'origine continentale ennoie de vieux reliefs. Les faciès sont variés : grès verdâtres, souvent lardés de traces de racines moulées en limonite; grès roses et verts, avec zones de migration du fer du type latéritoïde; cuirasses ferrugineuses, particulièrement bien développées au nombre de trois à Goey; argiles blanches ou panachées (banco) et tufs volcaniques de couleur blanche à diatomées; grès gris grossiers, à dragées de quartz, couronnant l'ensemble : gara Mao et socle du plateau qui borde au Sud-Est la cuvette de Faya. Épaisseur : 15 à 30 m. Au Sud, ces terrains disparaissent sous les formations récentes du Djourab à *Unio*, *Melania*, Limnées et Planorbes.

2° *A l'Ouest de Faya*, la série continentale affleure largement et on la suit de façon continue sur plus de 70 km à l'Ouest d'Aïn Galakka, formée essentiellement de mollasses verdâtres couronnées par des grès grossiers mal consolidés, des grès ferrugineux et des conglomérats à gros galets qui forment par place les éléments essentiels du reg. Au Sud-Ouest d'Aïn Galakka, ces formations, d'une cinquantaine de mètres d'épaisseur, sont ravinées par des tufs volcaniques de couleur blanche qui occupent le fond des dépressions, une croûte ferrugineuse séparant les deux formations Le relief d'Angamma montre des faciès un peu différents : marnes à nodules calcaires avec débris végétaux triturés; grès ferrugineux à miches calcaires, avec quelques gros morceaux de bois silicifiés.

3° *A l'Est et au Sud-Est de Faya*, des grès verts avec cuirasses ferrugineuses s'observent pendant 220 km en direction de Fada. Dans la dépression de Yogoum, des coupes de détail montrent banco et tufs volcaniques, avec intercalations lenticulaires de grès gris, incontestablement surmontés par les grès verdâtres et une carapace ferrugineuse. Ainsi, les affleurements de tufs volcaniques d'un blanc éclatant, nombreux au Borkoû, pourraient être de plusieurs âges; nous n'avons pas pu encore étudier ce problème dans le détail.

4° Si l'on quitte le Borkou, on s'aperçoit que des formations analogues débordent bien au-delà des limites actuelles de la cuvette tchadienne.

Le plateau à l'Est d'Ounianaga est formé, en effet, par une croûte ferrugineuse reposant sur des grès verdâtres à racines limonitisées. La coupe est bien nette à la descente sur Nabar, où les grès verts et roses ont une douzaine de mètres d'épaisseur et reposent sur les Grès de Nubie. Le plateau des grès verdâtres est d'ailleurs en contre-bas d'au moins 100 m par rapport à la surface structurale supérieure des Grès de Nubie qui domine au Nord Ounianga et Nabar. Le gisement de Mammifères signalé au Sud

---

(1) *Voir* les cartes : *Croquis de l'Afrique française au* 1 000 000e, feuilles Faya et Bilma.

du lac d'Ounianga Kebir [2] livre, épars dans un grès friable, des fragments d'os de teinte brun foncé, profondément fossilisés. Situé sur un petit plateau dominant le lac et bien découpé par l'érosion, il paraît se rattacher à la surface morphologique du plateau des grès verdâtres.

5° *Plus à l'Est*, à la pointe occidentale de l'Erdi Dji, nous avons retrouvé une croûte ferrugineuse, avec peu ou pas de grès verdâtres suivant les points; elle forme les restes d'une ancienne surface, emboîtée de 200 m en contre-bas du plateau supérieur des Grès de Nubie. Mêmes croûtes ferrugineuses au Sud de Demi, où nous avons récolté un bois silicifié analogue à ceux d'Angamma.

Quant à la dépression de Mourdi, elle est déblayée dans le Carbonifère, notablement en contre-bas de la surface structurale des grès verdâtres; elle contient seulement des atterrissements quaternaires.

6° Enfin, *dans le massif montagneux de l'Ennedi*, nous avons rencontré, discordants sur le Dévonien supérieur, des grès verts et roses, épais de 10 à 30 m, alternant avec une ou deux puissantes carapaces ferrugineuses. L'érosion a découpé cette formation en reliefs tabulaires caractéristiques. Nous en avons observé plusieurs dans la région d'Erdebé à l'altitude de 1050 m et quelques témoins à Togosso vers 1100 m. D'autres encore ont été aperçus dans les parages de l'Ouadi Kordi. Ces tables sont entourées de sommets plus élevés, formés de grès dévoniens; de sorte qu'on pourrait y voir des dépôts de lacs de montagne.

Age. — Discordante indifféremment sur le Palézoïque et sur les Grès de Nubie crétacés, la formation des grès verdâtres a d'évidents rapports avec le « Continental terminal » des géologues sahariens. Des arguments morphologiques conduisent à y voir du Tertiaire récent, disons Mio-Pliocène sans préciser plus : d'une part l'emboîtement de ces couches par rapport aux plateaux supérieurs des Grès de Nubie; d'autre part, leur antériorité par rapport aux formations quaternaires. Mais il y a plus. Les bois silicifiés d'Angamma, examinés par M. E. Boureau, « sont des bois hétéroxylés appartenant à une Angiosperme dicotylédone : il est par conséquent hautement probable qu'il s'agit d'une espèce du Tertiaire ».

Bien qu'aucun géologue avant nous n'eut visité la « falaise d'Angamma », C. Kilian avait donc vu juste qui, sur de simples indices recueillis avec sagacité, l'avait figurée en Tertiaire sur la Carte géologique internationale d'Afrique au 5 000 000e.

Très généralement horizontal, ce Continental terminal montre pourtant des pendages bien nets (1 à 3°) au Sud d'Aïn Galakka et à Angamma. On aurait ainsi la preuve de mouvements à la fin du Tertiaire sur cette

---

(2) L. Joleaud et J. Lombard, *Bull. Soc. géol. France*, (5), 3, 1933, p. 239.

bordure de la cuvette tchadienne, fait nouveau, mais qui ne sera pas pour surprendre.

COMPARAISON. — Les grès verdâtres et cuirasses ferrugineuses du Borkou rappellent très étroitement certaines formations du Niger, telles que les grès jaune verdâtre et les carapaces latéritiques qui couronnent les grès crétacés du Koutous, ainsi que les « latérites » du Damergou qui reposent sur le Turonien.

D'autre part, l'un de nous (3) avait souvent observé des grès analogues et des cuirasses latéritiques dans les puits de la région du Logone, au Sud du Lac Tchad.

Par ailleurs, il est possible que des formations latéritiques signalées par K. S. Sandford (4) dans l'Ouest du Soudan égyptien et rapportées par lui au Quaternaire ancien, se rattachent plutôt au « Continental terminal » tel que nous l'avons observé en bordure de l'Erdi Dji. Des dépôts latéritiques ferrugineux ou alumineux, emboîtés dans les grès paléozoïques, ont encore été suivis par l'un de nous (P. Vincent) dans la partie orientale de l'Ennedi jusqu'à la frontière du Soudan égyptien.

Ainsi, dans l'immense région qui s'étend de Zinder à la frontière du Soudan égyptien et d'Ounianga à Pala, sont accumulés, antérieurement à la cuvette tchadienne quaternaire, des dépôts lacustres et fluviatiles, coupés par des périodes d'exondation sous climat subtropical que manifestent les phénomènes de latéritisation.

GÉOLOGIE. — *Tectonique post-pliocène du Massif du Coiron et de ses abords immédiats.* Note de M. **Pierre Grangeon**, transmise par M. Gaston Delépine.

Les récents sondages de la Compagnie nationale du Rhône dans la région de Rochemaure-Montélimar et la découverte d'une faune pliocène dans les alluvions fluviatiles sous le basalte du Coiron, appellent quelques observations, résumées dans la présente Note, au sujet de l'âge des mouvements orogéniques qui ont prouvé l'effondrement de la vallée du Rhône et la surrection des Cévennes.

1. *Effondrement de la vallée du Rhône.* — Dans une récente étude, G. Denizot (1) a montré l'existence, au confluent de la Drôme et au Sud du défilé de Donzère, de deux cuvettes d'argile marine plaisancienne;

---

(3) Ph. Wacrenier, *Rapport annuel Serv. géol.*, Direction Mines et Géol. A. E. F., 1953, p. 70.

(4) *Quart. J.*, 91, 1935, p. 323.

(1) *Rev. Géogr. de Lyon*, 27, p. 327-357.

il a aussi établi qu'il n'y eut communication entre ces deux cuvettes qu'à une certaine hauteur par la gorge actuelle et que dans la plaine de Rochemaure à Montélimar, l'argile plaisancienne est sporadique, peu épaisse et ne devient importante qu'au Sud-Sud-Ouest de Montélimar.

Les alluvions fluviatiles sous le basalte du Coiron sont datées par une faune malacologique du Pliocène inférieur, contemporaine de celles de Hauterive (Drôme) et de Pont-de-Gail (Cantal). Ces alluvions ne sont plus, au Chénavari, qu'à 2,500 km du Rhône et se trouvent à 400 m au-dessus du fleuve. Elles furent déposées par une rivière qui, venue de l'Ouest, se jetait dans la mer plaisancienne, non par une cascade de 400 m, mais vraisemblablement par un large estuaire.

La dénivellation, entre ces alluvions et le Plaisancien marin, fut produite par une faille verticale, de direction Nord-Est-Sud-Ouest, parallèle au Rhône, située entre le Chénavari et Rochemaure.

Deux autres cassures, dont le rejet est de l'ordre de 130 à 150 m, sensiblement perpendiculaires à la première, sont immédiatement au Sud et au Nord du défilé de Donzère. Une troisième, parallèle à ces deux dernières, se situe à 1 km environ au Sud du Pouzin et Loriol. Il est possible que d'autres failles, prolongeant vers le Nord celle de Rochemaure, aient provoqué l'effondrement de la rive droite du Rhône entre Meysse, Cruas et Baix. Toutes ces failles subverticales sont en parfaite concordance avec celles observées, dans la région de Privas, par F. Roman et J. Goguel (2).

L'ensemble de la région, comprise entre Donzère et Loriol-le-Pouzin, s'est élevé, en même temps que se produisaient ces failles. Cet exhaussement eut pour conséquence une érosion intense, l'enlèvement par le Rhône, d'une partie de l'argile plaisancienne et, entre Viviers et Donzère, la surimposition de son lit dans l'Urgonien.

2. *La grande faille bordière des Cévennes.* — Les failles qui produisirent l'affaissement de la région sédimentaire par rapport à la région cristalline de l'Ardèche furent observées par J. Goguel (3) et rattachées par lui à des mouvements antérieurs au basalte du Coiron miocène.

Les alluvions fluviatiles sous-basaltiques, du Pliocène inférieur, déposées dans la partie Sud du Coiron par une rivière venue de l'Ouest, sont notablement moins grossières que celles de l'Ardèche actuelle et passent même, vers le sommet, à des sables fins, plus ou moins argileux. La pente suivie par la rivière pliocène était donc bien moindre que celle de l'Ardèche contemporaine. La chaîne des Cévennes, qui aujourd'hui se dresse à des hauteurs supérieures à 1500 m, n'avait donc pas encore surgi.

De plus, les basaltes des alluvions fluviatiles sous-jacentes au plateau

---

(2) *C. R. Somm. Soc. Géol. Fr.*, nos 1-2, 20 janvier 1936, p. 14-16.

(3) *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 1079.

du Coiron, ne peuvent être identifiés avec ceux de Thueyts, de Montpezat, du Suc de Pal ou de Bauzon, qui, beaucoup plus récents, descendent jusque dans le lit des rivières actuelles. Ils furent sans doute arrachés aux premières coulées du Velay, situées actuellement au-delà de la ligne de partage des eaux entre le bassin du Rhône et celui de la Loire. La grande barrière des Cévennes n'existait donc pas, à l'époque où le cours d'eau pliocène roulait ces galets.

M. Boule (4) avait du reste constaté que les sables à chailles de la région du Mézenc, probablement pliocènes puisqu'aucune chaille ne se rencontre dans les gisements datés par une faune ou une flore miocène, étaient faillés et avaient subi des dénivellations, pouvant atteindre 700 m. Notons d'ailleurs que ces chailles jurassiques furent amenées par des courants qui, venus du Nord ou du Nord-Est, avaient suivi une pente inverse de la pente actuelle de cette contrée. Nos observations en Ardèche concordent avec celles de Boule dans le Velay.

Conclusion. — Les mouvements orogéniques qui, d'après G. Denizot (*loc. cit.*, p. 355), ont affecté tout le Pliocène subalpin et qui ont provoqué l'effondrement de la vallée du Rhône et la surrection des Cévennes au Nord-Ouest de l'Ardèche, prouvent que l'orogénie alpine s'est poursuivie, dans cette région, pendant toute la durée du Pliocène. C'est d'ailleurs ce que semble confirmer l'activité volcanique qui, durant cette période, atteignit son paroxysme dans le Massif Central.

SÉDIMENTOLOGIE. — *Détermination de l'épaisseur des sédiments marins en cours de dépôt dans des eaux peu profondes par la méthode de réflexion sismique.* Note de M. **Pierre Muraour**, présentée par M. Pierre Pruvost.

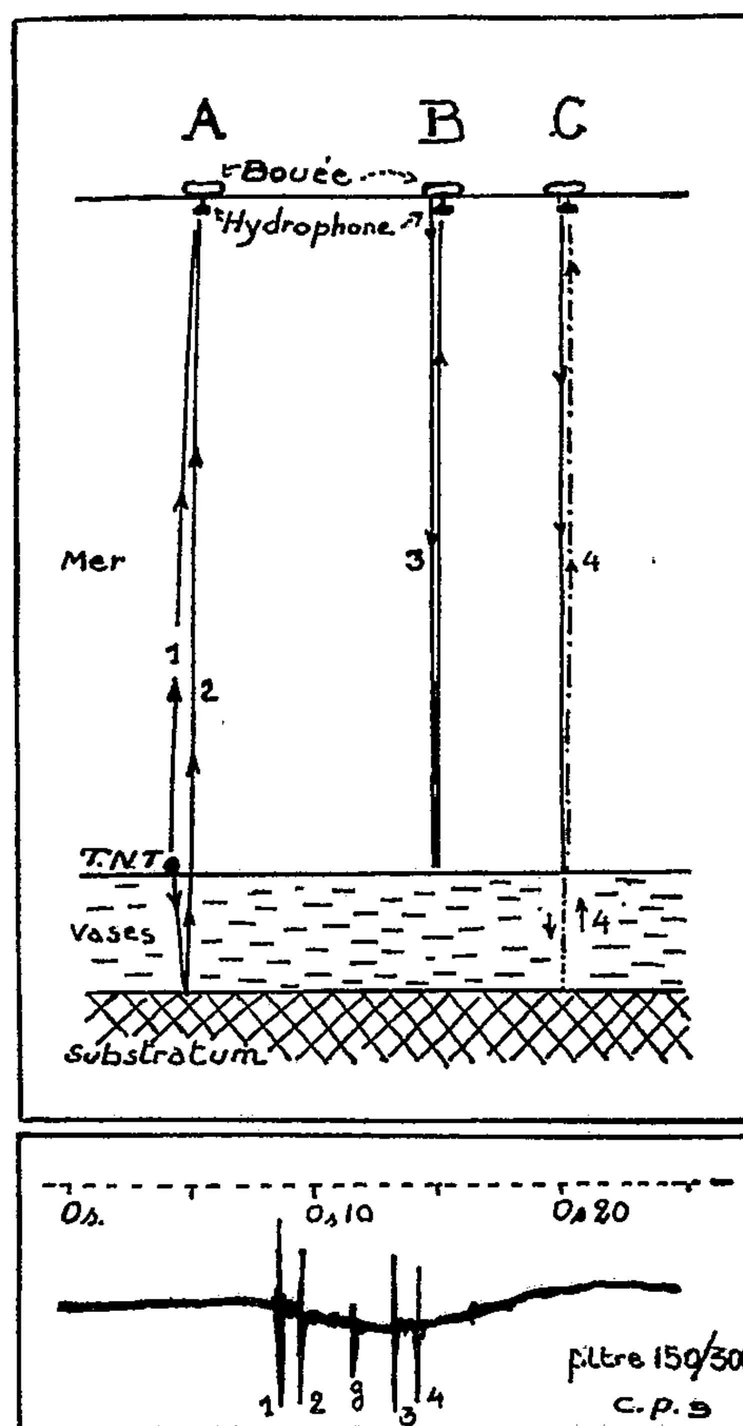
L'étude des sédiments marins en cours de dépôt par la méthode de réflexion a été, jusqu'à présent, abordée par W. Weibull (1) et par J. B. Hersey et M. Ewing (2). Les méthodes proposées par ces auteurs, ainsi que les résultats obtenus, s'appliquent principalement à des sédiments accumulés à de grandes profondeurs, souvent supérieures à 2 000 m. Au cours des travaux de sédimentologie que nous menons le long du littoral algérien, nous avons été amené à rechercher une méthode apte à nous fournir des renseignements sur la puissance des sédiments actuels qui recouvrent le plateau continental, c'est-à-dire dont le dépôt s'effectue

(4) *Bull. Serv. Carte Géol. Fr.*, 4, n° 28, 1892.

(1) *Med. Oceanograf. Inst. Göteborg*, 12, *Kungl. Vetenskaps-Och Vitterhets-Semhälles Handlingar*, Sjätte Följden, Ser. B, Band 5, n° 4, 1947, p. 1-17.

(2) *Trans. Amer. Geophys. Union*, 30, n° 1, 1949, p. 5-14.

par des profondeurs ne dépassant guère 200 m. Sans être très éloignée de celles de nos prédécesseurs, la présente méthode offre cependant quelques particularités.



Trajet des ondes et diagramme correspondant. 1, onde directe; 3, onde réfléchie primaire; 2 et 4, onde réfléchie secondaire; *g*, gaz.

N. B. — Les ondes réfléchies primaires (3) peuvent se répéter plusieurs fois, le cas figuré ici ayant été choisi pour sa clarté.

Le matériel utilisé se compose d'un hydrophone, d'un amplificateur muni de filtres passe-bandes, d'un oscilloscope à faisceau électronique renfermant un second amplificateur et d'une caméra 16 m/m à déroulement continu destinée à l'enregistrement des déplacements du spot lumineux sur l'écran de l'oscilloscope. Tous ces appareils fonctionnent sur le courant alternatif 110 V. Il a été, de plus, nécessaire de prévoir, afin que ces appareils puissent être mis en service sur n'importe quel bateau, une batterie 12 V/90 A et une commutatrice servant à la transformation du courant.

La charge d'explosif utilisée (T. N. T.) varie entre 250 et 500 g. Il y a

intérêt à éviter les charges trop fortes, afin de limiter au minimum l'effet des gaz. La mise à feu est commandée électriquement depuis le bateau, l'explosif étant placé directement sur le fond de la mer, le plus près possible de la verticale de l'hydrophone que l'on soutient à 1 m environ sous la surface de l'eau au moyen d'une bouée. Le bateau porteur des appareils d'enregistrement s'éloigne et l'on stoppe ses moteurs durant l'expérience, afin d'éviter toute perturbation possible. En un même point l'expérience est renouvelée plusieurs fois, en utilisant chaque fois des charges d'explosif de même poids, mais une bande de fréquences différente. On obtient ainsi une série de diagrammes, les meilleurs étant, en règle générale, ceux réalisés dans la bande de 150-300 c/s.

Lorsque les vases reposent sur un substratum suffisamment rigide, c'est-à-dire susceptible de donner de bonnes réflexions, on observe, après l'arrivée de l'onde directe (cf. *fig.*) et de chaque onde réfléchie par la surface et le fond de la mer (onde que nous appellerons primaire), une onde réfléchie par le substratum des sédiments en cours de dépôt (onde que nous appellerons secondaire). Cette onde est généralement éliminée lorsque l'on utilise les bandes de fréquences supérieures à 1200 c/s. Si l'épaisseur des sédiments est faible, le retard entre l'onde directe et l'onde réfléchie par le substratum ne sera pas assez important pour être dissocié par la caméra et l'on obtiendra un enregistrement prolongé (association des traces 1 et 2 du diagramme ci-dessus). Enfin, si le fond de la mer est rocheux ou le substratum trop mou, aucune onde secondaire n'est perçue.

L'appareillage utilisé pour ces expériences, ainsi que les techniques, les résultats et quelques diagrammes-types, feront l'objet d'une publication ultérieure plus détaillée, le but de cette présente Note étant de signaler la réalisation d'expériences de séismicité artificielle au large des côtes de la région d'Alger et d'en donner un bref aperçu.

MAGNÉTISME TERRESTRE. — *Sur une méthode d'élimination des variations lentes dans l'enregistrement des pulsations du champ magnétique terrestre.* Note de MM. **Pierre-Antoine Blum** et **André Lebeau**, présentée par M. Charles Maurain.

Une méthode est proposée pour éliminer les variations lentes dans l'enregistrement du champ magnétique terrestre. Deux modes d'application de cette méthode sont exposés.

L'enregistrement des variations rapides du champ magnétique terrestre dans un domaine de périodes allant de quelques minutes à 1 s, nécessite des variomètres à sensibilité dynamique élevée. On a intérêt à leur donner une sensibilité statique nulle pour ne pas être gêné par les dérives causées par les variations lentes du champ, variation diurne en particulier.

Il sera donc avantageux de munir les variomètres à aimant, qu'on sait doter par ailleurs d'une sensibilité dynamique suffisante [1], d'un dispositif de compensation annulant leur sensibilité statique. Le principe d'une telle compensation pourra être le suivant : un dispositif crée dans une région déterminée de l'espace un champ s'opposant à la variation d'une composante déterminée du champ terrestre; la variation de cette composante et celle du champ compensateur se correspondent comme le signal et la réponse d'un appareil à équation pendulaire, de période propre élevée, et fortement amorti. Un variomètre à aimant fonctionnant dans cette région se comportera alors comme un appareil à sensibilité statique nulle.

Considérons une perturbation naturelle : $h \sin \omega t$, le champ que le dispositif de compensation laisse subsister s'écrit :

$$h_1 = h \sin \omega t - fh \sin(\omega t - \varphi),$$

où f est le facteur d'amplification du compensateur pour cette fréquence, et φ le déphasage qu'il introduit. Désignons par n la fréquence réduite par rapport à la fréquence propre du compensateur

$$h_1 = hf_1 \sin(\omega t - \varphi) = h\sqrt{1 + f^2(2n^2 - 1)} \sin(\omega t - \varphi).$$

Nous admettons que le dispositif de compensation ne permet pas l'enregistrement d'un phénomène rapide si l'on a

$$|1 - f_1| < \frac{1}{100}.$$

Ceci est obtenu dans l'intervalle

$$\left[n = \frac{1}{\sqrt{2}}, n = 0\right],$$

où f est constamment supérieur à 1, dès que le coefficient d'amortissement α est supérieur à 5. La portion utilisable de l'intervalle $[n = 0, n = 1/\sqrt{2}]$ augmente avec α; il est donc possible de se fixer la valeur de α, une fois défini l'intervalle des fréquences qu'on souhaite enregistrer.

Des applications de ce principe sont actuellement poursuivies dans deux directions différentes.

Dans une première application, on utilise pour créer le champ compensateur le courant de compensation d'un variomètre électronique du type décrit et réalisé par H. Dürschner [2].

Dans cet appareil, un spot formé par un miroir lié à l'aimant d'un magné-

---

[1] E. Thellier, *Enquête sur les appareils enregistreurs des variations rapides du champ magnétique terrestre* (*I. A. T. M. E. Committee on observational technique*, Rapport technique, n° 1).

[2] *Ann. Géophys.*, 7, 1951, p. 199.

tomètre ordinaire tombe entre deux cellules photoélectriques qui attaquent un amplificateur à courant continu. Le courant de sortie est envoyé dans des bobines de Helmholtz disposées autour du magnétomètre de façon qu'une variation de la composante intéressée soit compensée par une variation du courant dans les bobines. L'aimant demeure immobile en première approximation cependant que les variations du courant compensateur et celles de la composante du champ se correspondent comme la réponse et le signal d'un appareil pendulaire. Si le variomètre pilote est très fortement amorti, ce courant convient à la réalisation d'une compensation.

La seconde application utilise une remarque suivant laquelle un variomètre à aimant ou une balance magnétique annulent statiquement, dans une certaine région de l'espace, la variation de la composante du champ qu'ils enregistrent. Dans le cas d'une balance dont le moment magnétique M est voisin de l'horizontale pour un champ vertical Z, une variation ΔZ provoque une rotatiou $\Delta\theta$ du fléau. Le moment magnétique de la balance présente alors une composante verticale $M \sin\Delta\theta$ qui crée un champ $-\Delta Z$ dans le plan horizontal de la balance à une distance :

$$l = \sqrt[3]{\frac{M \sin\Delta\theta}{\Delta Z}}$$

de l'axe de rotation.

Si $\Delta\theta$ reste petit et si $s = \Delta\theta/\Delta Z$ est la sensibilité statique de la balance

$$l = \sqrt[3]{MS}.$$

La balance pilote étant convenablement amortie, une balance à pulsations placée à la distance l enregistrera les variations rapides du champ avec une sensibilité statique nulle, à condition toutefois que son moment soit assez faible pour que ses rotations ne réagissent pas de façon appréciable sur la balance pilote.

OCÉANOGRAPHIE PHYSIQUE. — *Au sujet du facteur de polarisation de la lumière solaire dans la mer.* Note de M. **Alexandre Ivanoff**, présentée par M. Jean Cabannes.

L'auteur a mesuré dans la rade de Villefranche, par 20 m de profondeur, le facteur de polarisation de la lumière solaire dans la mer en photographiant les franges fournies par un polariscope de Savart. Le facteur de polarisation est de l'ordre de 10 % à la verticale vers le haut, 15 % à l'horizontale face au Soleil, 30 % à l'horizontale dos au Soleil, 35 % à l'horizontale et perpendiculairement à la direction du Soleil.

On sait qu'un polariscope de Savart, éclairé en lumière partiellement polarisée, fournit des franges sensiblement rectilignes dont le contraste est proportionnel au facteur de polarisation (en appelant ainsi le rapport I_p/I de l'intensité de la lumière polarisée à l'intensité totale), et passe par un

maximum lorsque les franges sont parallèles ou normales à la direction du champ électrique prédominant (la frange centrale étant blanche ou noire suivant le cas).

Nous avons disposé un tel polariscope de Savart (en sorte que les franges soient parallèles à l'un des côtés du cliché) devant un appareil photographique muni d'un téléobjectif (de façon que le champ angulaire intéressé soit faible), le tout étant enfermé dans une boîte étanche, et manié en scaphandre autonome. Une boussole permettait d'orienter l'appareil par rapport au Soleil, et deux niveaux à bulle croisés de l'orienter par rapport à la verticale et de le tourner d'angles connus autour de l'axe optique.

Les mesures furent effectuées au mois de septembre dernier dans la rade de Villefranche-sur-Mer, entre 16 et 17 h, par ciel peu ou pas nuageux, temps calme, limpidité des eaux normale pour nos côtes méditerranéennes et pour la belle saison, à 20 m de profondeur. Pour chaque direction de visée on prenait quatre clichés en tournant chaque fois l'appareil de 22°,5 autour de l'axe optique (soit 0, 22,5, 45 et 67°,5), afin de pouvoir préciser l'orientation du champ électrique prédominant et obtenir le contraste maximum (ou sensiblement tel) sur l'un des clichés.

L'étalonnage fut effectué par surimpression sur un même film d'un cliché en lumière naturelle et d'un cliché en lumière complètement polarisée, dans des proportions variables et avec différents temps de pose. En accord avec la théorie, le contraste obtenu fut proportionnel au facteur de polarisation, le coefficient de proportionnalité variant avec la densité du cliché. Tous les films (mesures et étalonnage) furent développés simultanément. Les contrastes furent mesurés au microphotomètre, les densités à l'aide d'un densitomètre visuel (toujours au centre du cliché, l'éclairement de celui-ci diminuant notablement vers la périphérie). Le facteur de polarisation minimum ainsi mesurable était de l'ordre de 0,03. L'erreur relative sur les résultats obtenus semble varier entre 1/10e et 3/10e suivant les cas.

Voici les résultats obtenus en sept plongées :

Direction de visée.	Facteur de polarisation.	Orientation du champ électrique prédominant.
A la verticale vers le haut.......	0,06 et 0,12	–
A 45° vers le haut..............	0,16	–
A l'horizontale face au Soleil....	0,15, 0,16 et 0,18	Normal au plan vertical passant par l'observateur et le Soleil
A l'horizontale dos au Soleil.....	0,26 et 0,32	id.
A 45° vers le bas, face au Soleil...	0,32	id.
A l'horizontale, dans une direction normale à celle du Soleil......	0,34	–

Il semblerait donc que le facteur de polarisation du résidu sous-marin

de lumière solaire puisse atteindre des valeurs assez élevées, tout au moins dans les eaux limpides. La polarisation du ciel intervient peut-être même à 20 m de profondeur, mais la majeure partie de la polarisation provient sans doute de la diffusion dans l'eau de mer.

MÉTÉOROLOGIE. — *Sur l'apparition des cristaux de glace dans les brouillards surfondus soumis aux pulvérisations de liquides frigorigènes.* Note de M. **Roger Serpolay**, présentée par M. Charles Maurain.

Des pulvérisations de liquides frigorigènes ensemencent les brouillards surfondus en cristaux de glace d'une façon aussi efficace que les agents traditionnels (neige carbonique et iodure d'argent). Elles peuvent aussi servir à élever le seuil d'utilisation des aérosols glaçogènes tels que l'iodure d'argent.

La possibilité de produire de nombreux cristaux de glace au sein des brouillards surfondus en y pulvérisant des liquides frigorigènes, comme le fréon F 12 et le chlorure de méthyle, sous forme de petites gouttelettes, a déjà été signalée (1). Cette propriété est, en général, également valable pour les liquides industriels à point d'ébullition plus bas, comme le propane; mais elle s'étend aussi à des liquides à point d'ébullition plus élevé, comme le butane.

Dix cas d'expériences effectuées sur les brouillards surfondus naturels avec le propane, le fréon F 12 et le butane ont été examinés et ont donné lieu à une observation commune : l'apparition de nombreux cristaux de glace élémentaires de quelques microns dans le voisinage immédiat du lieu de la pulvérisation et moins de 1 mn après cette dernière. Dans six cas, il a été possible d'observer la croissance de ces cristaux élémentaires en éléments de précipitation de plusieurs millimètres à quelques centaines de mètres de la source de pulvérisation, et, parfois même, à une distance moindre, suivant le degré de turbulence de l'atmosphère nuageuse traitée; ces précipitations débutaient, en général, moins de 20 mn après la pulvérisation.

De tels résultats ont été obtenus avec des températures peu inférieures à 0° C, alors que la plupart des aérosols actuellement connus ne présentent pas d'activité glaçogène dans des conditions identiques.

Voici, par exemple, le rapport des expériences effectuées par H. Dessens, près de Saint-Gaudens, dans la vallée de la Garonne :

« Le 20 novembre 1955, à 10 h, par —2°,3, 3 kg de *propane* liquide ont été dispersés en 50 s, à partir d'une bouteille commerciale, dans une couche de stratus au sol de plus de 100 m d'épaisseur. Des aiguilles de glace ont

(1) R. Serpolay, *Bull. Obs. Puy de Dôme*, 1954, p. 99-102.

commencé à précipiter 10 mn après l'émission; la diffusion et l'entraînement de l'air ensemencé étaient tels que la précipitation s'est étendue à toute la largeur de la vallée (1 km) et s'est poursuivie jusqu'à 11 h 30 mn; à ce moment, 1 h 30 mn après l'émission, la vallée était complètement dégagée, mais des aiguilles de glace scintillaient encore au voisinage du sol. Au point de vue pratique on a pu observer : un épaississement initial bref et local du brouillard consécutif à l'émission; une précipitation dense d'aiguilles d'abord isolées puis agglomérées en petits flocons; une rapide diminution de la densité du brouillard précédant la dissipation naturelle générale du stratus.

« Le 22 novembre, à 7 h 30 mn, par — 3°, une précipitation analogue a été obtenue grâce à l'émission de 2 kg de *butane*.

« Le même jour, j'ai profité d'un courant constant descendant la vallée pour déterminer la longueur de l'aire de précipitation. Une émission de 2 kg de propane était effectuée à 9 h, par — 2° : la précipitation était déjà dense à quelques centaines de mètres de la bouteille et se propageait en 45 mn jusqu'à 12 km en aval sans que les dimensions des aiguilles constituant les agglomérats qui précipitaient aient subi un accroissement notable (longueur de l'ordre de 2 mm). Le contrôle ne pouvait se prolonger plus bas, la température devenant positive.

Ces expériences, dont un témoignage cinématographique a été enregistré, sont aussi spectaculaires que celles qui ont été réalisées avec les agents d'ensemencement traditionnels (2), (3), (4). »

Au laboratoire, la formation de cristaux de glace au sein de nuages surfondus a été obtenue par des pulvérisations de butane, de chlorure d'éthyle, d'éther et de mélanges de butane et d'éther à des températures inférieures à la température d'ébullition normale de ces liquides. Des mesures de températures réalisées à l'aide d'une soudure de thermocouple introduite dans le jet de la pulvérisation liquide ont indiqué, pour l'éther et le butane, des abaissements de température respectifs de l'ordre de 20 et de 40° C au-dessous de la température de l'air dans lequel la pulvérisation était effectuée. De plus, des observations sur la concentration des cristaux de glace apparus dans la pulvérisation ont été faites avant, puis après pollution de l'air nuageux avec des aérosols artificiels doués d'activité glaçogène, à des températures supérieures au seuil d'activité de ces aérosols. Dans les conditions particulières de ces expériences, des concentrations de l'ordre de 1 cristal par litre avant pollution, et de 5.10^2 cristaux par litre après pollution ont été obtenues. Cet accrois-

(2) H. Dessens, *Comptes rendus*, 235, 1952, p. 1675.
(3) H. Dessens, *Bull. Obs. Puy de Dôme*, 1953, p. 33-40.
(4) H. Dessens et G. Soulage, *Bull. Obs. Puy de Dôme*, 1954, p. 43-52.

sement de concentration met en évidence le rôle prépondérant joué par le refroidissement, dû à l'évaporation des gouttelettes du liquide frigorigène, dans la production des cristaux de glace. Ce refroidissement local, obtenu dans la pulvérisation, active les germes glaçogènes qui, une fois stabilisés sous forme de cristaux de glace, peuvent diffuser dans de grands volumes d'air nuageux. On peut ainsi élever le seuil d'utilisation des aérosols glaçogènes artificiels introduits dans le nuage par pulvérisation simultanée d'éther.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Action de quelques sucres sur la germination des spores d'*Alsophila australis *(Polypodiacées)*. Note de M[me] **Germaine Hurel-Py**, présentée par M. Roger Heim.

La saccharose est sans action sur le début de la germination. Par contre, il accélère nettement la croissance des spores germées. Le glucose l'accélère aussi, mais plus faiblement. Le fructose entrave la germination et provoque le plus souvent la mort des spores qui ont réussi à germer.

L'action du glucose, du fructose et du saccharose sur la germination des spores d'*Alsophila australis* a été étudiée de la façon suivante : des spores, stérilisées, ont été réparties dans les quatre milieux suivants : — Knop dilué de moitié, — Knop dilué de moitié et additionné soit de glucose à 1 %, soit de fructose à 1 %, soit de saccharose à 2 %.

Le pourcentage des spores germées et la taille des germinations ont été notés tous les jours au départ, puis à des intervalles plus espacés par la suite. Ces mesures portaient sur un ou deux tubes chaque fois. Les résultats sont résumés dans le tableau ci-joint où il n'a été retenu que les dates les plus intéressantes. Son examen permet un certain nombre d'observations :

1° Les spores gardent leur pouvoir germinatif intact pendant au moins deux mois.

2° La germination débute aux environs du dixième jour, très rarement avant, mais le pourcentage des germinations augmente les jours suivants.

3° Compte tenu des fluctuations individuelles qui sont importantes, les germinations débutent aussi rapidement sur milieu minéral que sur milieu saccharosé et leurs tailles sont sensiblement les mêmes avec parfois une légère supériorité pour les cultures sur milieu minéral. Par la suite, le saccharose accélère très nettement la croissance des jeunes germinations qui se transforment toujours en prothalles dans un laps de temps plus court que sur tous les autres milieux. Le saccharose est donc le meilleur sucre à utiliser.

4° Le fructose retarde et entrave nettement la germination : le pourcentage de spores germées est toujours inférieur sur ce sucre que sur milieu minéral et la taille des germinations est elle-même plus faible. Le plus

		Jours écoulés depuis l'ensemencement.															
		Pourcentages.								Tailles des germinations (μ).							Aspect après 3 mois et demi.
		8.	10.	12.	14.	16.	19.	27.	40.	12.	14.	16.	19.	27.	40.	50.	
52 *a*	M.....	–	–	–	–	–	–	51	62	–	–	–	–	357	869	Fil.	B.
	F.....	–	–	–	–	–	–	16	19	–	–	–	–	225	297	550	M.
	G.....	–	–	–	–	–	–	52	96	–	–	–	–	588	902	Fil.	T. B.
	S.....	–	–	–	–	–	–	44	84	–	–	–	–	572	1133	Fil.	T. B.
5 *b*	M.....	–	–	30	50	57	66	–	–	–	–	286	–	–	–	Fil.	–
	G.....	–	–	0	41	46	49	–	–	–	–	220	–	–	–	Pr.	–
	S.....	–	–	30	48	50	55	–	–	–	–	152	–	–	–	Pr.	–
26 *b*	M.....	–	–	46	61	61	70	74	83	–	104	–	220	396	770	1100	A. B.
	F.....	–	–	0	0	0	0	6	29	–	–	–	–	253	770	Fil.	4 tubes M., 1 A.B.
	G.....	–	–	0	22	33	50	61	91	–	77	–	70	550	770	Fil.	B.
	S.....	–	–	40	50	60	60	62	Fil.	–	143	–	165	913	1870	Pr.	T. B.
1 *c*	M.....	–	24	38	–	48	–	64	62	121	–	165	–	550	825	–	–
	F.....	–	5	8	–	4	–	20	14	66	–	165	–	341	330	–	–
	G.....	–	0	0	–	10	–	52	60	–	–	110	–	352	440	–	–
5 *c*	M.....	–	6	21	18	35	26	35	80	–	165	198	165	385	570	Fil.	A. B.
	F.....	–	6	4	6	2	3	24	26	–	99	99	121	275	275	–	M.
	G.....	–	3	27	54	–	–	–	Fil.	–	99	110	176	770	1045	Pr.	B.
	S.....	–	10	29	42	–	–	–	Pr.	–	154	297	330	605	Pr.	Pr.	T. B.
1 *d*	M.....	–	–	12	–	–	12	16	–	110	–	–	132	–	–	–	A. B.
	F.....	–	–	3	–	–	5	11	–	55	–	–	110	–	–	–	6 tubes M., 5 B.
	G.....	–	–	4	–	–	9	10	–	77	–	–	110	–	–	–	2 M., 5 B.
	S.....	–	–	8	–	–	33	35	–	110	–	–	330	–	–	–	T. B.
14 *c*	M.....	–	–	11	–	–	19	29	–	–	–	–	142	385	–	–	A. B.
	F.....	–	–	8	–	–	7	33	–	–	–	–	88	385	–	–	M.
	G.....	–	–	0	–	–	0	32	–	–	–	–	–	275	–	–	B.
	S.....	–	–	33	–	–	30	67	–	–	–	–	396	605	–	–	T. B.
8 *d*	M.....	4	–	8	4	–	20	28	–	–	–	–	242	352	–	–	8 tubes M., 11 B.
	F.....	0	–	0	0	–	0	26	–	–	–	–	–	308	–	–	M.
	G.....	0	–	0	7	–	27	21	–	–	–	–	165	407	–	–	B.
	S.....	8	–	0	5	–	22	37	–	–	–	–	88	385	–	–	M.
50 *d*	M.....	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	Fil.	A. B.
	F.....	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	M.
	G.....	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	Pr.	B.

Abréviations. — Le nombre de la première colonne indique le temps (en jours) écoulé depuis la récolte des spores. *a*, *b*, *c*, *d*, lots différents de spores. M, F, G, S, milieu minéral, fructosé, glucosé, saccharosé. Fil., filaments longs et enchevêtrés. Pr., prothalles. A. B., assez bien. T. B., très bien. M., cultures mortes.

souvent même, les tubes germinatifs meurent entre le deuxième et le troisième mois. Il arrive cependant qu'ils résistent à l'action du fructose. Dans ce cas, la croissance s'accélère brusquement, puis s'achève normalement par l'édification d'un prothalle comparable à ceux obtenus sur glucose.

On a nettement l'impression que si la jeune germination résiste, elle devient apte à utiliser le fructose et que celui-ci a un rôle accélérateur analogue à celui du glucose.

5° Le glucose retarde lui aussi le début de la germination, mais très rapidement la croissance des jeunes tubes germinatifs est accélérée par ce sucre au point que leur taille dépasse rapidement celle des cultures sur milieu minéral et que leur transformation en prothalles a toujours lieu plus rapidement que sur ce dernier milieu. Au bout de trois mois les cultures sont toujours plus grosses et plus vertes sur glucose que sur milieu minéral.

En conclusion, les résultats ci-dessus permettent de supposer que le saccharose à grosses molécules ne doit pas pénétrer dans la spore non germée, tandis que le glucose et le fructose doivent y entrer et gêner ainsi le départ de la germination. Dès que celle-ci a débuté, le saccharose et le glucose immédiatement assimilables accélèrent la croissance, le premier d'une façon plus importante que le second. Par contre, le fructose la gêne et provoque même le plus souvent la mort des tubes germinatifs qui survient vers le 2ᵉ mois. Certaines germinations résistent parfois à cette période critique. Elles paraissent alors acquérir le pouvoir d'utiliser le fructose. Dès ce moment la croissance s'accélère et les prothalles se différencient comme dans les autres milieux. Ces résultats permettent d'expliquer ceux obtenus précédemment en transportant de jeunes germinations de milieu minéral sur milieu fructosé (1). Le fructose leur est toxique, mais celles qui résistent acquièrent la possibilité d'utiliser ce sucre pour accélérer leur croissance.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Action comparée des acides 2-méthyl-4-chlorophénoxyacétique et 2-méthyl-6-chlorophénoxyacétique sur des fragments de rhizomes de Topinambour cultivés* in vitro. Note de M. **Roger Gautheret**, présentée par M. Roger Heim.

L'acide 2-méthyl-6-chlorophénoxyacétique stimule la prolifération des tissus de Topinambour cultivés *in vitro*, mais son activité est environ 1000 fois plus faible que celle de l'acide 2-méthyl-4-chlorophénoxyacétique. On n'a pas observé de phénomènes de synergie entre ces deux composés.

On utilise comme désherbant sélectif l'acide méthylchlorophénoxyacétique ou MCPA qui est un mélange en proportions indéterminées des acides 2-méthyl-4-chlorophénoxyacétique (2-M-4-CPA) et 2-méthyl-6-chlorophénoxyacétique (2-M-6-CPA).

---

(1) *Comptes rendus*, 240, 1955, p. 1119.

Le 2-M-4-CPA représente le constituant actif de ce mélange. Signalons cependant que Poignant et Richard ont établi que le 2-M-6-CPA bien que dépourvu de toxicité propre exalte celle du 2-M-4-CPA par suite d'un phénomène de synergie (1).

Il nous a paru intéressant d'étudier son activité éventuelle à l'égard des tissus de Topinambour cultivés *in vitro*. Des fragments de rhizomes prélevés aseptiquement furent ensemencés dans des milieux nutritifs (solution de Knop diluée de moitié additionnée de 1,1 % de gélose et de 5 % de glucose) auxquels on ajoutait du 2-M-4-CPA (3.10^{-9} à 10^{-7}), du 2-M-6-CPA (10^{-8} à 10^{-4}) ou encore des mélanges des diverses concentrations de ces deux produits. Les explantats au nombre de 12 pour chaque type de milieu furent pesés au moment de l'ensemencement puis au bout de deux mois de culture : nous avons alors calculé leur accroissement et les résultats furent exprimés sous forme de tableau. Les données numériques étaient suffisamment nettes pour qu'une analyse statistique parût inutile.

Nous avons ainsi constaté qu'en réalité le 2-M-6-CPA n'est pas dépourvu d'activité. Il provoque la prolifération des tissus avec autant d'intensité que le 2-M-4-CPA mais à une dose mille fois plus élevée. Dans les essais de Poignant et Richard, l'activité du 2-M-6-CPA n'a pas été constatée car les doses employées étaient relativement faibles.

La comparaison des résultats contenus dans le tableau ne révèle par contre aucun phénomène de synergie comparable à celui mis en évidence par Poignant et Richard. Il est donc possible que cette action synergique entre les acides 2-M-4-CPA et 2-M-6-CPA ne concerne que leur toxicité et non leur pouvoir stimulant.

Développement des tissus de Topinambour sous l'action conjuguée de 2-M-4-CPA *et de* 2-M-6-CPA.

Chacune des valeurs contenues dans ce tableau correspond à l'accroissement moyen de 12 explantats (en mg).

		Doses d'acide 2-M-6-CPA.					
		0.	10^{-8}.	10^{-7}.	10^{-6}.	10^{-5}.	10^{-4}.
Doses d'acide 2-M-4-CPA	0.......	115	150	111	101	734	1 025
	3.10^{-9}..	390	396	386	429	738	1 145
	10^{-8}....	591	602	496	609	798	1 200
	10^{-7}....	1 146	1 077	1 130	1 186	1 171	–

(1) Poignant et Richard, *Comptes rendus*, 239, 1954, p. 1660.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Répartition, formation et utilisation du raffinose et du stachyose dans les graines.* Note (*) de M. **Robert Duperon**, présentée par M. Raoul Combes.

Les glucides solubles des graines de 81 espèces de Mono- et de Dicotylédones ont été identifiés par chromatographie sur papier. Le saccharose est présent dans toutes les semences, le raffinose dans 70, le stachyose est moins répandu. Ces deux derniers holosides se forment au cours de la maturation des graines et sont utilisés dès les premiers jours de la germination.

Dans une précédente note ([1]), nous avons montré que les graines oléagineuses contiennent, fréquemment, à côté du saccharose (diholoside), du raffinose (triholoside) et du stachyose (tétraholoside). Ces deux derniers sucres sont utilisés dans les premiers jours de la germination. Des observations semblables ont été rapportées par Hasegawa, Takayama, Shiroya ([2]), à la suite de leur étude sur les semences de *Pinus Thunbergii*, *Pinus densiflora*, *Robinia Pseudacacia*, *Perilla*, *Helianthus annuus*, *Sesamum*. Afin de préciser l'importance du rôle tenu par ces deux holosides dans la physiologie des graines, nous exposons, ici, les résultats de nos recherches étendues à un grand nombre de semences de Mono et de Dicotylédones.

1. Distribution du raffinose et du stachyose dans les graines. — Les glucides solubles des semences de 81 espèces, appartenant à 31 familles, ont été identifiés par chromatographie sur papier. Des essais de cristallisation, nous ont permis d'isoler, dans quelques cas, le saccharose à l'état pur (*Raphanus sativus* var., *Papaver somniferum* var.) et le raffinose (*Raphanus sativus*). Les résultats montrent que toutes les semences examinées renferment du saccharose. La plupart d'entre elles (70 sur 81) contiennent, en plus du saccharose, du raffinose. Enfin, parmi ces dernières, nombreuses sont celles qui possèdent également du stachyose (35 sur 70). Notons que la présence de cet holoside entraîne généralement celle du raffinose et du saccharose. La genèse du stachyose semble être ainsi étroitement liée à celle du raffinose.

Les graines des différentes espèces étudiées peuvent se classer comme suit :

a. Graines possédant à la fois du saccharose, du raffinose et du stachyose : Cette catégorie comprend, en particulier, de nombreuses semences

(*) Séance du 28 novembre 1955.

([1]) *Rev. gén. Bot. Fr.*, 61, 1954, p. 261-285.

([2]) *Kagaku* (*Science*), 21, 1951, p. 593-594.

oléagineuses. Citons parmi les Dicotylédones, la plupart des Crucifères [3], *Corylus Avellana*, *Castanea vulgaris*; *Aesculus Hippocastanum*; *Juglans regia*; *Actea spicata*; *Cucumis Melo*; *Arachis hypogea*, *Lotus corniculatus*, *Phaseolus vulgaris* [la présence de ces holosides, dans les semences de Légumineuses a été signalée depuis longtemps [4]]; *Silene dichotoma*, *Lychnis dioïca*; *Verbascum Thapsus*; *Atropa Belladonna*; *Cynoglossum officinale*; parmi les Monocotylédones : *Butomus umbellatus*; *Canna indica*; *Allium Cepa*.

b. Graines possédant à la fois du saccharose et du raffinose : Dicotylédones : Aquilegia vulgaris; *Potentilla argentea*; *Papaver somniferum*; *Reseda lutea*, *Reseda luteola*; *Saxifraga rotundifolia*; *Linum perenne*; *Œnothera biennis*; *Eryngium maritimum*, *Bupleurum fructicosum*, *Ferula communis*, *Angelica Razulii*, *Daucus Carota*; *Saponaria officinalis*; *Amarantus Blitum*; *Solanum nigrum*; *Lithospermum officinale*; *Linaria vulgaris*, *Antirrhinum majus*; *Scrofularia nodosa*, *Digitalis purpurea*; *Teucrium Scorodonia*, *Teucrium Botrys*, *Leonurus Cardiaca*, *Stachys sylvatica*, *Lavandula officinalis*, *Melissa officinalis*, *Brunella laciniata*, *Salvia officinalis*, *Salvia Jurisicii*, *Lamium album*; *Helianthus annuus*, *Lampsana communis*.

On remarquera que les semences de Labiées ne présentent généralement pas de stachyose, bien que les organes végétatifs de ces végétaux en soient abondamment pourvus.

Monocotylédones : Beaucoup de Graminées dont *Triticum sativum* et *Avena sativa* [déjà signalé par Colin et Belval [5]].

c. Graines ne contenant que du saccharose : Quercus Robur; *Helleborus fœtidus*; *Anemone vernalis*; *Arabis alpina*, *Diplotaxis tenuifolia*; *Chelidonium majus*; *Ricinus communis*; *Stellaria graminea*; *Verbena officinalis*, *Sambucus racemosus*; *Campanula alliariæfolia*.

De ces données, il résulte que le raffinose, sans avoir une répartition aussi étendue que celle du saccharose, peut être, néanmoins, considéré comme un constituant très répandu dans les graines. La présence du stachyose, moins fréquente, est cependant loin d'être exceptionnelle.

Enfin, les semences de quelques espèces contiennent, en plus des sucres signalés ci-dessus, des holosides dont la nature n'a pas été déterminée avec certitude.

2. Formation du raffinose et du stachyose dans les graines. — Au cours d'un précédent travail [6], nous avons observé l'apparition du stachyose et du raffinose dans les graines immatures de Crucifères, au

---

(3) *Comptes rendus*, 235, 1952, p. 1331.

(4) Klein, *G. Handbuch der Pflanzenanalyse*, Wien, 1933.

(5) *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 1825.

(6) *Comptes rendus*, 239, 1954, p. 1410.

moment où celles-ci se déshydratent, perdent leur chlorophylle, leur amidon, leurs hexoses et, corrélativement, s'enrichissent en lipides.

Les semences de *Reseda lutea*, pendant leur maturation, sont le siège de phénomènes semblables : les graines vertes, très hydratées, prélevées à l'intérieur des capsules non mûres, ne montrent aucune trace de raffinose, mais renferment du saccharose, du glucose et du fructose. Un peu plus tard, la graine, déshydratée, ne contient plus d'hexoses, mais présente, à côté du saccharose, du raffinose.

Les akènes des Labiées (*Teucrium Scorodonia*, *Lamium album*), ont un comportement identique.

3. Utilisation du raffinose et du stachyose entreposés dans les graines. — Chez les graines oléagineuses, ces deux holosides sont consommés dès les premiers jours de la germination ([1]). Des recherches étendues aux semences de Labiées (*Teucrium Scorodonia*) et à des graines amylacées (*Phaseolus*) conduisent aux mêmes conclusions. Ainsi, chez le Haricot, le stachyose et le raffinose, contenus dans les cotylédons (où ils constituent, avec le saccharose, 8 % de la matière sèche, l'amidon en formant 41 %), disparaissent dans les cinq premiers jours de la germination à l'obscurité. Il en est de même, pour les faibles quantités de ces deux sucres localisées dans l'embryon de la graine non germée.

Ces quelques faits prouvent le caractère de substance de réserve de ces holosides.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *De la présence de fructosanes chez* Sphagnum palustre *Dill.* Note de M[lle] **Marie-Madeleine Chollet** et M. **Robert Dufour**, présentée par M. Raoul Combes.

Une première étude du chimisme des glucides chez les Sphaignes met en évidence chez ces Bryophytes une réserve glucidique complexe à base de fructosanes du même genre que celle existant chez les Phanérogames.

La nature de la réserve glucidique et son évolution au cours du cycle végétatif ont été étudiées chez de nombreuses plantes, appartenant à des groupes divers; glycogène, mannite, tréhalose, laminarine, floridoside, sont l'apanage des végétaux inférieurs et y subissent d'importantes variations saisonnières; stachyose, amidon, inuline, semblent plutôt synthétisés par les végétaux supérieurs, et leurs taux, fonctions de la période végétative, sont beaucoup moins tributaires des conditions extérieures.

Toutefois, il faut se garder de généraliser trop vite. Si l'on discute, à bon droit, sur la nature de l' « amidon » floridéen, une inuline en tous points comparable à celle isolée de *Dahlia variabilis*, a été trouvée récemment chez *Acetabularia mediterranea*, petite algue verte, Dasycladacée;

et l'étude que nous venons de faire, sur *Sphagnum palustre*, Dill. révèle, entre le chimisme glucidique de cette Bryophyte et celui de plantes supérieures à fructosanes, telles que *Campanula alliariæfolia*, *Lobelia laxiflora* ou le Topinambour, les plus grandes analogies.

Par emploi simultané de la méthode optique et de la méthode de réduction de G. Bertrand, selon la technique préconisée par H. Colin, nous avons, dès les premières analyses, constaté l'existence, chez *Sphagnum palustre*, d'une réserve glucidique complexe, à base de fructosanes du genre de la synanthrine : fructosanes de faibles pouvoirs rotatoires et tributaires de la sucrase.

En mars-avril, moment de la fructification, la réserve glucidique est maximum. Dans les parties vertes de Sphaignes récoltées soit à sec, soit dans l'eau, nous avons trouvé environ 6 % du poids sec en glucides, la composition de ces derniers étant la suivante : 0,4 % de sucres réducteurs; glucose, fructose; 0,2 g % de saccharose, et 5,4 g de fructosanes. Les pouvoirs rotatoires du mélange des sucres extraits, avant et après hydrolyse, sont de l'ordre de — 30, — 75, ce qui indique pour les fructosanes un pouvoir rotatoire faiblement lévogyre, si l'on tient compte des proportions relatives du saccharose et des sucres réducteurs présents.

La chromatographie sur papier nous a permis de préciser ces résultats. En utilisant le mélange *n*-butanol-acide acétique-eau, et surtout le phénol hydraté comme séparateur, nous avons obtenu, à partir de liqueurs d'extraction, des chromatogrammes à nombreuses tâches, du genre de ceux obtenus avec des jus de Topinambour. En remontant du front de l'entraîneur vers le point de départ du cheminement, on peut y noter les spots du fructose, du glucose et du saccharose; puis une tâche au niveau du raffinose et une autre tâche au niveau du stachyose, ces deux dernières tâches se dédoublant chacune en deux, l'une un peu au-dessous, l'autre un peu au-dessus, des spots témoins du raffinose et du stachyose, lors d'entraînements très longs. Enfin, au-dessus du niveau du stachyose, une autre tâche, située environ à moitié du cheminement de ce sucre, marque la fin d'une traînée semblant homogène, l'augmentation du temps de cheminement ne faisant pas apparaître d'autres tâches.

La cellule de *Sphagnum palustre*, à partir de ses oses, synthétise donc toute une gamme de fructoholosides : di, tri, tétra, polyholosides, aux molécules de plus en plus grosses et de moins en moins entraînables par les solvants, exactement comme le fait la cellule de Topinambour. Le degré de polymérisation y est seulement moins élevé, tous les termes synthétisés étant hydrolysables par la sucrase, propriété que ne présentent pas les fructosanes à poids moléculaires élevés, présentes dans le Topinambour.

Par précipitation en complexe barytique, une substance a été isolée, dont les solubilités dans l'eau et l'alcool, l'hygroscopicité, les pouvoirs

rotatoires, avant et après hydrolyse, le comportement vis-à-vis de la chaleur et des diastases sont ceux de la synanthrine.

Cette substance, traitée par divers entraîneurs pour une étude chromatographique, comparativement aux fructosanes du Topinambour, comme ces dernières, ne subit aucun déplacement si le solvant utilisé est le mélange butanol-acide acétique-eau. Par le phénol hydraté, elle est légèrement entraînée. Sur le chromatogramme, après révélation, elle apparaît sous forme d'une tâche prolongée par une « queue » qui semble homogène. S'agit-il d'un corps pur ou d'un mélange de fructosanes ? Il est difficile actuellement de répondre. On retrouve ici le problème posé par la synanthrine.

Quoi qu'il en soit, les premières investigations biochimiques dans le groupe des Sphaignes révèlent chez ces dernières l'existence d'un chimisme analogue au chimisme le plus complexe qui soit connu chez les Phanérogames à fructosanes.

Toutefois, l'évolution de la réserve glucidique chez *Sphagnum palustre*, rappelle les variations saisonnières rencontrées chez les Algues et c'est par là, sans doute, que le chimisme de cette Bryophyte se distingue du chimisme d'une Phanérogame.

PHYTOPHYSIOLOGIE. — *Action inhibitrice de certains tanins végétaux sur la croissance du* Brucella abortus bovis *cultivé sur bouillon*. Note de MM. **Pierre Duquénois** et **Émile Greib**, présentée par M. René Souèges.

Les tanins qui possèdent *in vitro* une action bactériostatique sur le *Brucella abortus* précipitent en général les protides et, de ce fait, ne peuvent être retenus comme antibiotiques *in vivo*. L'acide ellagique s'est révélé un inhibiteur de croissance sans avoir de propriétés précipitantes envers les protides. Par son action, l'acide ellagique se comporte en véritable dérivé de l'ombelliférone.

Chantrill, Coulthard, Dickinson et leurs collaborateurs (1) ont montré que le développement d'un bactériophage et la multiplication du virus A de l'influenza étaient enpêchés, *in vitro*, par les extraits de nombreuses plantes à tanins galliques ou catéchiques. Les propriétés antimycobactériennes du gallate d'éthyle ont été observées par Little (2). Plus récemment, un tannoïde isolé par M. Janot, H. Pourrat et P. Fèbvre (3), le tanin-tormentol, s'est révélé

(1) B. H. Chantrill, C. E. Coulthard, L. Dickinson, G. W. Inkey, W. Morris, A. H. Pyle, *J. gen. Microbiol.*, 6, 1952, p. 74.

(2) J. E. Little, M. W. Foote, W. J. Rogers et D. B. Johnstone, *Antibiot. Chemotherapy*, 3, 1953, p. 183 et 203.

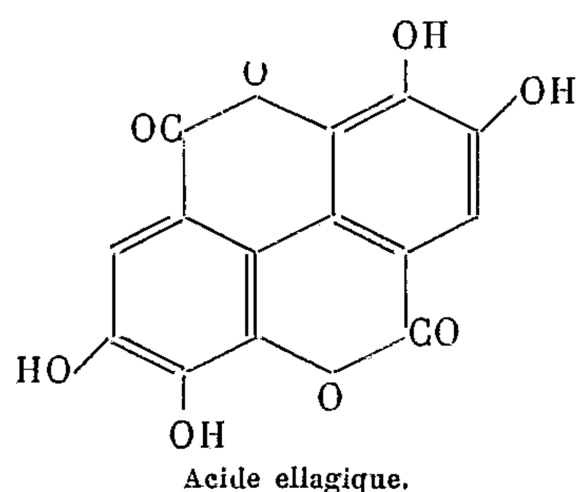
(3) *Ann. pharm. franc.*, 13, 1955, p. 167.

antibactérien, sans toutefois que le tanin correspondant soit par lui-même actif.

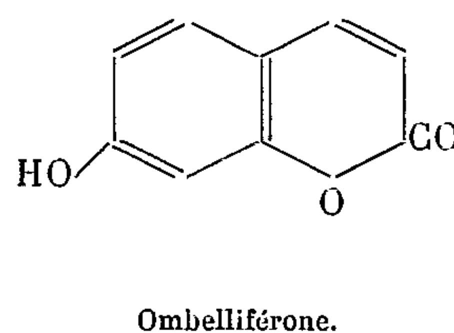
Au cours de nos recherches sur les inhibiteurs de croissance des *Brucella abortus bovis*, *B. abortus suis* et *B. melitensis*, nous avons fait l'étude de nombreuses substances phénoliques et lactoniques d'origine végétale. Tandis que des substances comme la quassine et l'hélénine étaient pratiquement inactives, nous avons remarqué généralement une activité des tanins. Le tanin gallique inhibe déjà la croissance du *B. abortus bovis* à la concentration de 1/2000. Le tanin catéchique extrait du *Krameria triandra* n'est déjà plus actif à 1/1000 et réclame une concentration de 1/500 pour empêcher nettement la croissance. L'acide ellagique, extrait de la Noix de galle, possède une forte activité antibrucellique et surclasse beaucoup de tanins (ou d'autres acides qui en dérivent comme l'acide gallique).

Après avoir vérifié l'absence d'impuretés minérales adsorbées pouvant être responsables de son action, l'acide ellagique utilisé a été dissous dans le milieu de culture (Veillon F de l'Institut Pasteur), ajusté à pH convenable et étudié à diverses concentrations depuis 1/500. Jusqu'à 1/2000, il empêche la culture, même après plus de 96 h. Pour que ces résultats fussent valables (et éventuellement transposables *in vivo*) il fallait s'assurer que les tanins n'agissaient pas par simple précipitation de la peptone et des protéines du milieu de culture. Une précipitation complète priverait celui-ci de constituants nutritifs indispensables. Effectivement, le tanin gallique, aux concentrations envisagées, précipite le bouillon de viande et les peptones. Le tanin du *Krameria triandra* flocule à la longue et partiellement les peptones. Mais l'acide ellagique, provenant de la dégradation des tanins, n'ayant pas cette propriété, les résultats de son action antibactérienne *in vitro* sont pleinement valables.

Cette activité place l'acide ellagique auprès de l'ombelliférone et des hydroxycoumarines auxquelles les *Brucella* sont très sensibles, ainsi que nous l'avons établi antérieurement ([4]).



Acide ellagique.



Ombelliférone.

On peut expliquer cette action par la structure de l'acide ellagique qui, selon Schiff, est formé de la coalescence de deux molécules de dihydroxy-7.8 coumarine.

([4]) P. Duquénois et E. Greib, *Comptes rendus*, 237, 1953, p. 1354; E. Greib et P. Duquénois, *Bull. Acad. Méd.*, 138, 1954, p. 63.

PHYTOPHYSIOLOGIE. — *Une méthode d'étude de la circulation des liquides dans la feuille du genre* Vitis. Note de MM. **Pierre Magimel**, **Pierre-Marcel Durquéty** et **Pierre Legrux**, présentée par M. René Souèges.

Cette méthode révèle très rapidement les agents actifs sur la distribution géographique des liquides dans la feuille.

Le besoin de déterminer l'action de divers agents sur la circulation des liquides dans la feuille a nécessité la mise au point d'une méthode simple et rapide.

Une solution d'isotope à courte période (I_{131}) monte dans une pousse et se répartit dans les feuilles. La distribution géographique de l'iode est mise à jour par application du limbe sur une plaque photographique au lactate. L'agent à tester agit sur une surface ponctuelle.

La méthode détaillée est la suivante :

Montée de l'isotope : la pousse sectionnée transversalement est immédiatement plongée dans une solution d'isotope contenant 0,5 m c/cm³. L'absence de bulle sur la surface de section est vérifiée par un binoculaire horizontal.

Prélèvement de la feuille : la feuille est prélevée par section du pétiole au ras du limbe. L'opération ultérieure est réalisée dans le minimum de temps après le prélèvement.

Fixation de la feuille et dispositif de pose : dans un premier essai, en vue d'éviter la formation d'aiguilles de glace susceptibles de dilacérer les tissus et de modifier la distribution de l'iode, la congélation brutale des liquides de la feuille est obtenue par traitement à l'azote liquide. La feuille est légèrement pressée entre une couche de ouatine et une plaque d'aluminium enduite de vernis au silicone (Si_{803}) afin d'éviter toute adhérence. Un demi-litre d'azote liquide est versé sur la surface d'aluminium.

Dans un second essai, un refroidissement moins intense et moins brutal obtenu par plongée du dispositif précédent dans la neige carbonique montre une efficacité comparable.

Ces essais préliminaires fixent la méthode plus rapide et aussi précise que nous avons utilisée sur un grand nombre d'échantillons (143 feuilles). La feuille est pressée entre ouatine et plaque sensible (la face supérieure de la feuille vers la plaque) dans un châssis photographique. L'ensemble est enfermé dans une boîte métallique à demi remplie de chlorure de calcium et porté rapidement en atmosphère froide (— 20° C).

Temps de pose : 48 h.

Développement : afin d'éviter les condensations, on laisse réchauffer 5 mn à la

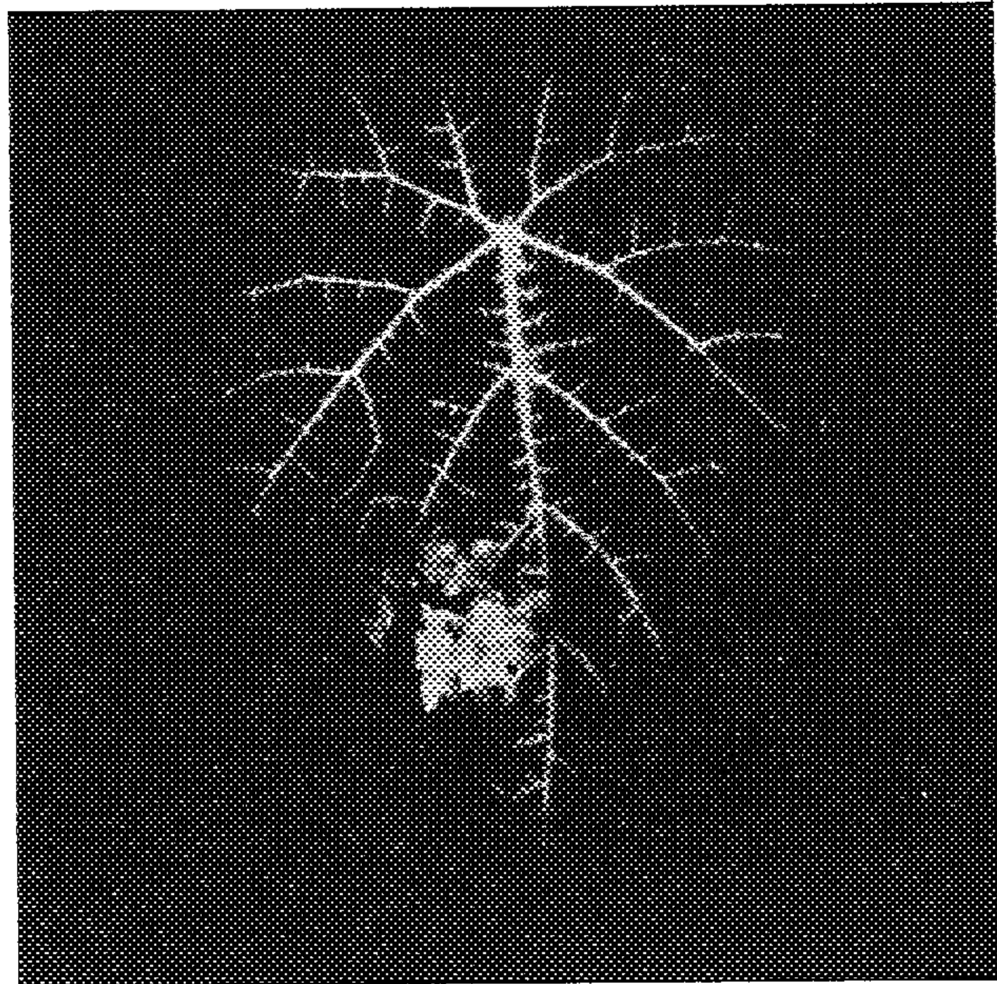


Fig. 1. — Petit Verdau : réaction au niveau d'une atteinte de mildiou fructifère.

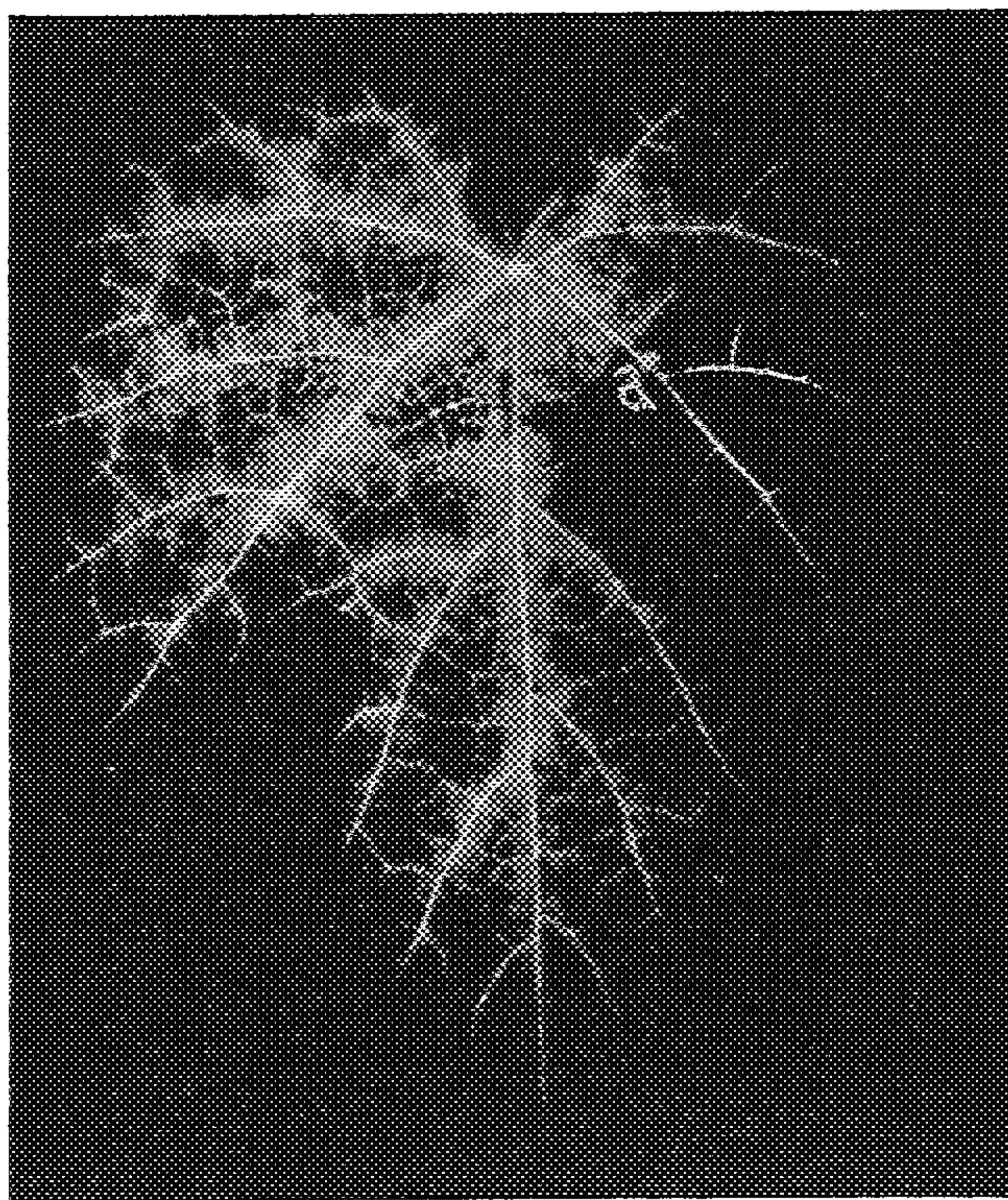


Fig. 2. — Petit Verdau : une goutte de chloroforme déposée en *a*.

température du laboratoire dans la boîte contenant le déshydratant; la mise au révélateur se fait quelques secondes après l'ouverture de la boîte.

Résultats obtenus : parmi les espèces du genre *Vitis* étudiées la variété petit Verdau (*Vitis vinifera*) donne les meilleurs résultats. Si la répartition géographique est symétrique sur toutes les feuilles normales, elle devient dissymétrique par application de très nombreux agents en des points localisés (*fig.* 1 et 2).

EMBRYOGÉNIE VÉGÉTALE. — *Embryogénie des Gentianacées. Développement de l'embryon chez le* Chlora perfoliata *L.* Note (*) de M. **Pierre Crété**, présentée par M. René Souèges.

L'embryogénie du *Chlora perfoliata* se superpose parfaitement à celle de l'*Erythræa Centaurium*. Même précocité dans la différenciation des initiales, même régularité dans la disposition des blastomères. Ces deux espèces sont remarquables par le faible développement de l'embryon dans la graine : les cotylédons restent rudimentaires, la coiffe est seulement représentée par ses quatre initiales circumaxiales.

Les résultats obtenus, ces dernières années, dans l'étude embryogénique des Gentianacées, ont révélé l'hétérogénéité de la famille. Tandis que l'embryon, chez le *Menyanthes trifoliata* L. ([1]), se rattache au type embryonomique du *Senecio vulgaris* ([2]), il correspond, chez le *Gentiana asclepiadea* L. ([3]) et l'*Erythræa Centaurium* Pers. ([4]) à l'archétype de l'*Armeria plantaginea* Willd. ([5]) et ([6]). Il convient dès lors de séparer complètement le groupe des Ményanthes (ex-Ményanthoïdées) des Gentianacées typiques (ex-Gentianoïdées), solution que Gilg ([7]), se basant sur les critères plus classiques, ne rejetait pas *a priori*, puisqu'il reconnaissait que, jusqu'à un certain point, les Ményanthoïdées pourraient aussi bien être considérées comme une famille autonome. Il importe cependant de confirmer les premières données embryogéniques, surtout en ce qui concerne les Gentianacées typiques, qui sont particulièrement riches en genres bien différents les uns des autres. Le groupe des Ményanthes est, en apparence, plus homogène et les embryons, dans les quelques genres qu'il renferme, présentent très probablement un dévelop-

---

(*) Séance du 28 novembre 1955.

([1]) R. Souèges, *Comptes rendus*, 217, 1943, p. 488.

([2]) R. Souèges, *Embryogénie et Classification*, 3e fasc., partie spéciale : 1re *période du système*, Paris, 1948.

([3]) P. Crété, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 768.

([4]) P. Crété, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 1448.

([5]) R. Souèges, *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 1583.

([6]) R. Souèges, *Embryogénie et Classification*, 4e fasc., partie spéciale : 2e *période du système*, Paris, 1951.

([7]) E. Gilg, *Die natürlichen Pflanzenfamilien*, Leipzig, 4, 2, 1895, p. 50.

pement identique à celui du *Menyanthes trifoliata*. C'est, dans le premier groupe, une Érythréinée qui, cette fois encore, a retenu notre attention, le *Chlora perfoliata* L. Cette espèce appartient à un genre très voisin des *Erythræa* dans la classification de Gilg.

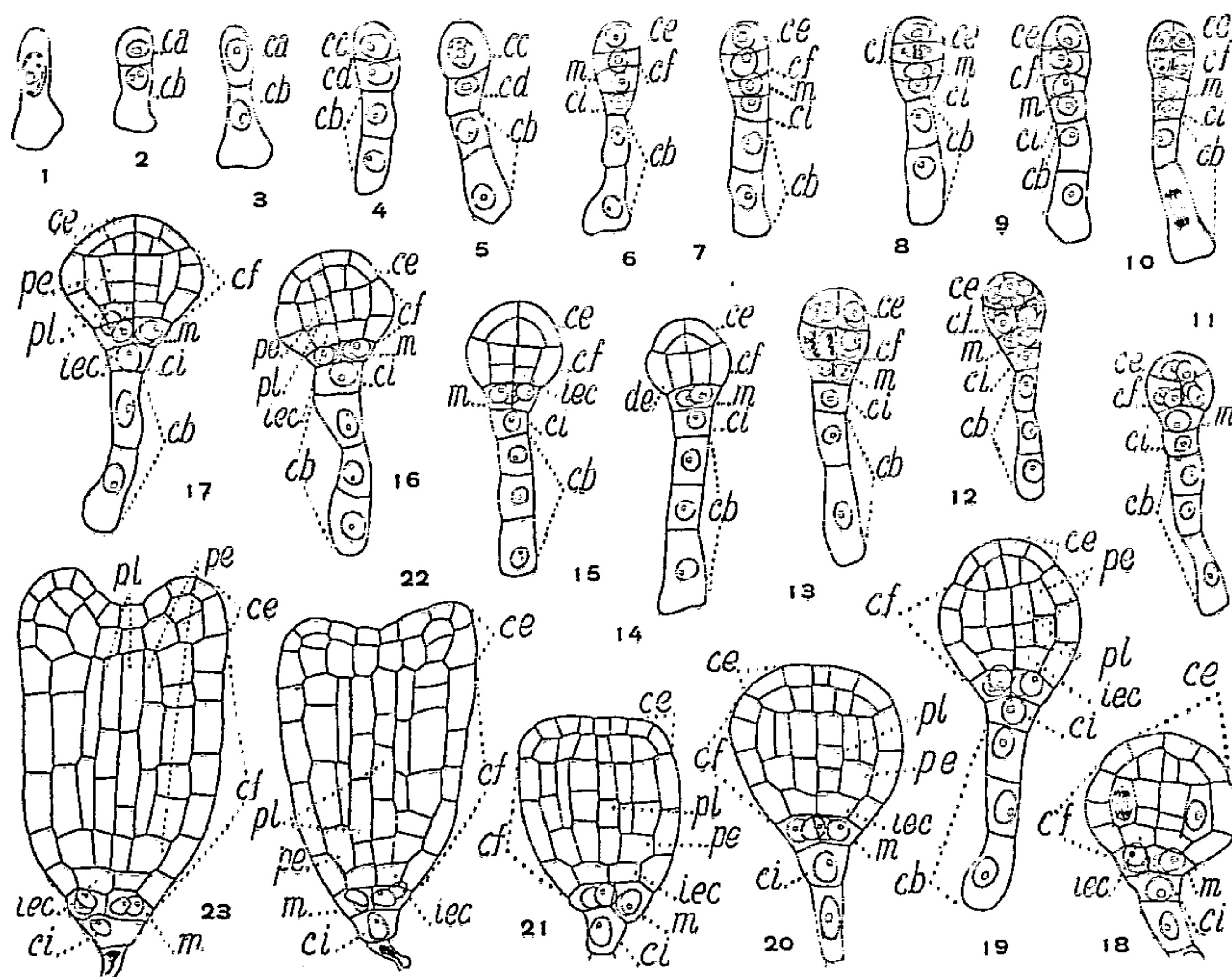


Fig. 1 à 23. — *Chlora perfoliata* L. — Les principaux termes du développement de l'embryon. *ca* et *cb*, cellule apicale et cellule basale du proembryon bicellulaire; *cc* et *cd*, cellules-filles de *ca*; *ce* et *cf*, cellules-filles de *cc* ou les deux éléments supérieurs de la tétraède seconde; *m* et *ci*, cellules-filles de *cd* ou les deux éléments inférieurs de la tétrade seconde; *de*, dermatogène; *pe*, périblème; *pl*, plérome; *ieo*, initiales de l'écorce de la racine. G. = 340.

Dans cette espèce, l'embryon provient, en totalité, de la cellule apicale *ca* du proembryon bicellulaire (*fig.* 2 et 3), tandis que la cellule basale, *cb*, contribue seulement à la construction d'un court suspenseur, qui se limite à une file de trois ou quatre cellules de durée éphémère. Il appartient ainsi à la deuxième période de la classification embryogénique de Souèges. Son développement comporte d'abord la production d'une tétrade *première*, qui fait partie de la série C_2 (*fig.* 3 et 4), puis d'une tétrade *seconde*, également en C_2, et comprenant les étages *ce*, *cf*, *m* et *ci* (*fig.* 6 et 7). Les cellules des étages supérieurs *ce* et *cf* se divisent longitudinalement et leurs cellules-filles, de la même façon, ce qui donne naissance à deux étages de deux quadrants (*fig.* 10), puis à deux étages de quatre octants (*fig.* 12). Les caryocinèses débutent toujours au niveau de l'étage subterminal *cf*, avant de se produire dans l'étage terminal *ce* (*fig.* 8, 9 et 11). La cellule intermédiaire *m* de la tétrade seconde se cloisonne longitudinalement au stade des octants; l'étage *ci* demeure unicellulaire. (*fig.* 12).

Au niveau des octants, le dermatogène se sépare bientôt (*fig.* 13 et 14).

L'étage *ce* contribue à la formation de la partie cotylée *sensu lato* : les éléments sous-épidermiques, placés à la périphérie de cet étage s'allongent, puis se cloisonnent transversalement; les cellules circumaxiales constituent les initiales de l'écorce au sommet de la tige (*fig.* 22 et 23). L'étage sous-jacent *cf* est à l'origine de la partie hypocotylée : les éléments situés autour de l'axe, sous le dermatogène, se divisent transversalement (*fig.* 15), séparant, vers le bas, les quatre initiales de l'écorce au sommet radiculaire et, vers le haut, quatre cellules qui, en se cloisonnant verticalement (*fig.* 16), isolent les cellules-mères du périblème et du plérome. A des stades ultérieurs du développement, ces initiales donnent naissance, chacune, à deux éléments superposés (*fig.* 19); ceux qui se situent vers le haut prennent des parois horizontales, au niveau du plérome, verticales au niveau du périblème (*fig.* 20), puis assurent l'édification de la majeure partie de l'hypocotyle (*fig.* 21 à 23). L'étage *m*, qui devra intervenir, au moment de la germination, dans la construction des portions centrales de la coiffe, est au plus formé, dans la graine adulte, de quatre cellules groupées autour de l'axe embryonnaire. La cellule *ci* ne se divise jamais, mais demeure parfaitement identifiable, tandis que les éléments du suspenseur provenant de la cellule *cb* finissent par s'écraser et par se résorber à peu près complètement (*fig.* 22 et 23).

L'embryogénie du *Chlora perfoliata* confirme ce que nous savons déjà, à cet égard, du groupe des Gentianes; les faits les plus surprenants qu'elle met en lumière résident toujours dans la précocité de la différenciation des initiales fondamentales de la plante et dans la symétrie parfaite que révèle la disposition des blastomères par rapport à l'axe proembryonnaire jusqu'à des stades avancés de l'embryogenèse. Il est cependant une autre particularité que nous avons omis d'indiquer à propos de la petite Centaurée : c'est le faible développement pris par l'embryon adulte, dont les cotylédons restent rudimentaires, dont la coiffe est inexistante, ou plutôt représentée seulement par quatre initiales groupées autour de l'axe. Ces caractères se retrouvent, absolument identiques, chez les *Erythræa*, tandis que, chez les Gentianes, il s'est déjà produit, dans les embryons adultes, de nombreuses divisions cellulaires, tant dans la région de la partie cotylée, qu'au niveau de l'étage *m*, générateur de la coiffe.

Les relations des Gentianacées et des autres familles de Gamopétales n'ont jamais été nettement établies. Gilg leur reconnaît seulement une très étroite parenté avec les Loganiacées, mais les Loganiacées elles-mêmes, d'après Solereder ([8]), sont une famille hétérogène dont les genres présentent des relations avec les Apocynacées, les Gentianacées, les Solanacées, les Rubiacées et les Scrofulariacées. Les données de l'embryogénie permettent de rapprocher

---

([8]) H. Solereder, *Die natürlichen Pflanzenfamilien*, Leipzig, 4, 2, 1895, p. 19.

les Gentianacées *sensu stricto* des Plombagacées, famille dont les affinités demeurent toujours assez douteuses, et de leur trouver de plus lointaines relations avec les Solanacées, puisque l'archétype de l'*Armeria plantaginea* auquel se rapportent les embryons des Gentianacées, correspond de la manière la plus frappante, dans la deuxième période, aux formes embryonnaires de l'archétype de l'*Hyoscyamus* dans la première période.

EMBRYOGÉNIE VÉGÉTALE. — *Embryogénie des Orchidacées. Développement de l'embryon chez l'*Orchis longibracteata *Biv.* Note de Mlle **Yvonne Veyret**, présentée par M. René Souèges.

L'embryon de l'*O. longibracteata* offre, dans ses processus de divisions, des variations multiples qui ne modifient nullement les lois fondamentales du développement. Ces lois et ces variations pourront aider à résoudre beaucoup de problèmes d'embryogénie comparée. La tétrade est en A_2 et non en C_2 comme il est admis d'après les études antérieures sur l'*O. latifolia*.

Quelques observations sur l'embryon de différents *Orchis* ont été faites principalement par Melchior Treub ([1]) et par Paul Dumée ([2]), mais ces auteurs n'ont pas rigoureusement suivi la formation de l'embryon; ils ont plutôt considéré les caractères du suspenseur, notamment son accroissement extra-ovulaire.

L'*Orchis longibracteata* Biv. n'avait pas encore fait l'objet d'études embryogéniques. Nous avons suivi, chez cet espèce, la segmentation à partir de l'œuf jusqu'à la forme embryonnaire telle qu'elle se présente dans la graine et dégagé des lois qui président à sa construction ([3]).

La comparaison de l'évolution de l'embryon dans les différentes tribus de cette immense famille des Orchidacées permettra de constater si ces divisions systématiques correspondent à un développement embryonnaire différent. L'*Orchis longibracteata* pourra être pris comme chef de file du groupe des Sérapiées auquel il appartient.

Chez l'*Orchis longibracteata*, l'œuf se divive d'abord suivant une cloison transversale qui sépare une cellule apicale, *ca*, et une cellule basale *cb* (*fig.* 1). A la deuxième génération, la cellule apicale se divise en deux cellules juxtaposées et la cellule basale en deux cellules superposées, *m* et *ci* (*fig.* 2 et 3): d'où la formation d'une tétrade en T de la catégorie A_2, filamenteuse (*fig.* 4) ([4]). Chaque cellule de la tétrade se divise à son tour : les deux cellules supérieures suivant des parois verticales normales à la précédente, en quatre cellules quadrants; la cellule médiane *m* suivant une cloison longitudinale et la cellule infé-

([1]) *Verh. Akad. Amsterdam Natuurk*, 19, 1879, p. 1-50.
([2]) *Bull. Soc. bot. Fr.*, 57, 1910, p. 83-87.
([3]) R. Souèges, *Les lois du développement*, Paris, 1937.
([4]) R. Souèges, *L'année biologique*, 28, 1952, p. 9-45.

rieure *ci* suivant une paroi transversale en *n* et *n'*. Ainsi se constitue, à la troisième génération, un proembryon octocellulaire à quatre étages : *ca*, *m*, *n* et *n'* (*fig.* 18). Aux divisions suivantes, il se forme, par segmentation transversale des quadrants, huit octants disposés en deux étages *l* et *l'* (*fig.* 24 à 31); les deux éléments juxtaposés en *m* se partagent par des parois méridiennes pour donner quatre cellules circumaxiales (*fig.* 22, 23, 25, 26, 27, 29, 30 et 31); les deux éléments inférieurs *n* et *n'* se diviseut chacun en deux cellules superposées, respectivement *h* et *k*, *o* et *p*, de sorte que, à la quatrième génération, le proembryon est normalement constitué de 16 cellules (*fig.* 29).

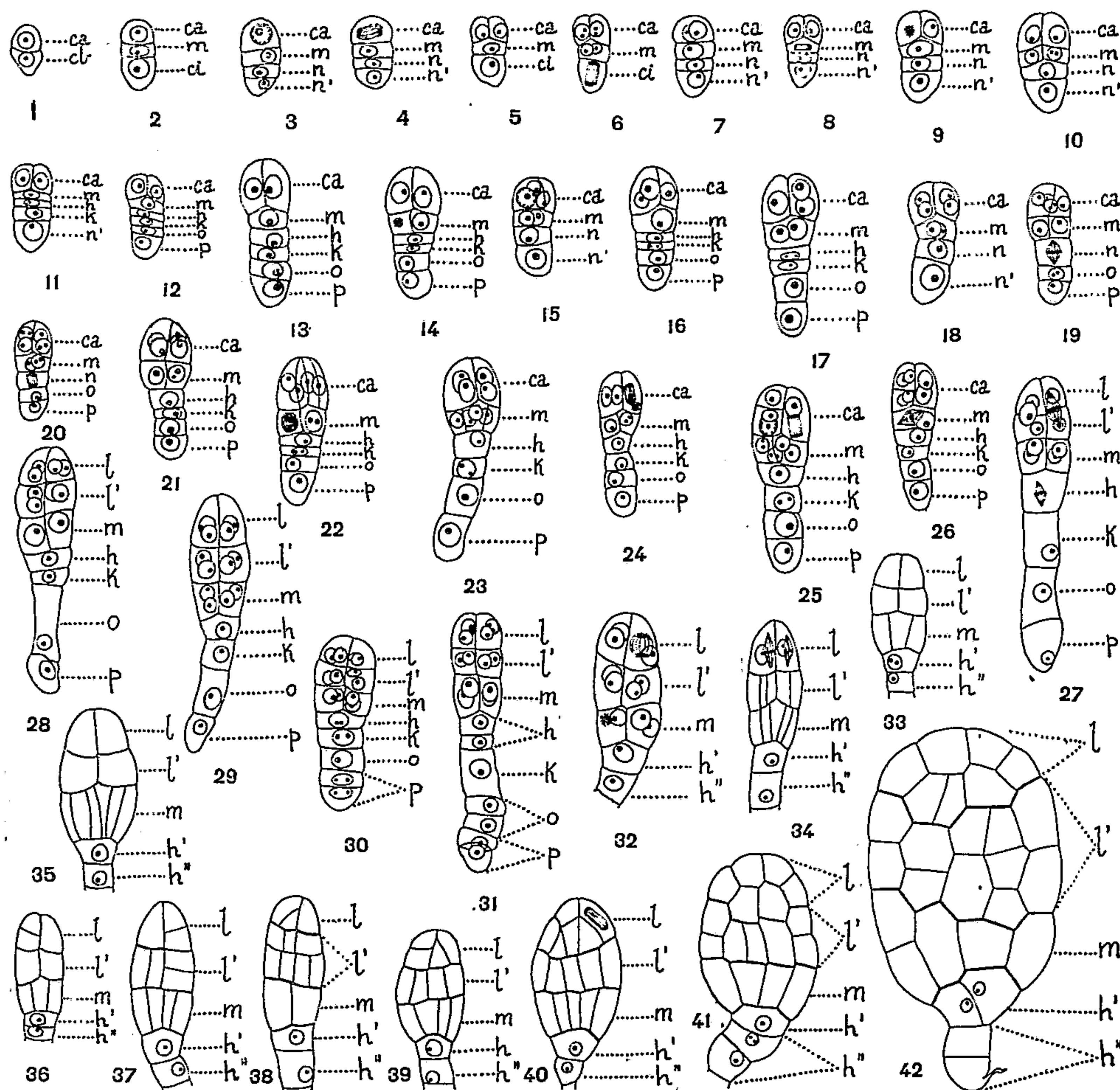


Fig. 1 à 43. — *Orchis longibracteata* Biv. — Les différents stades du développemen de l'embryon. *ca* et *cb* : cellule apicale et cellule basale du proembryon bicellulaire; *m* et *ci* : cellule intermédiaire et cellule inférieure de la tétrade; *l* et *l'* : octants supérieurs et octants inférieurs; *n* et *n'* : cellule fille supérieure et cellule fille inférieure de *ci*; *h* et *k* : cellule fille supérieure et cellule fille inférieure de *n*; *o* et *p* : cellule fille supérieure et cellule fille inférieure de *n'*; *h'* et *h"* : cellule fille supérieure et cellule fille inférieure de *h*. G = 106.

Indépendamment de ces formes régulières, il en est d'autres qui semblent provenir d'une tétrade linéaire. Celle-ci (*fig.* 3), qui résulte de la segmentation de la cellule inférieure du proembryon tricellulaire avant que ne se segmente la cellule apicale, n'est en réalité qu'une

fausse tétrade linéaire, puisque ses deux éléments supérieurs ne proviennent pas de la division transversale de *ca*. La cellule apicale de cette tétrade se divise ultérieurement en deux éléments juxtaposés (*fig.* 4, 7), tandis que la segmentation continue à être plus active dans les cellules *n* et *n'*. La partie *cb* pourra ainsi être constituée de cinq cellules superposées (*fig.* 11 à 13) et même la division de *m* être commencée (*fig.* 14), alors que les deux éléments issus de *ca* seront encore indivis. L'étage *ca* se divise ensuite activement, si bien que, à la quatrième génération, par bipartitions régulières à vitesses variables, les formes sont hexadécacellulaires.

Dans les octants supérieurs, *l*, les divisions ultérieures procèdent par cloisons tantôt périclines (*fig.* 38 à gauche; *fig.* 39, 40 à droite), tantôt anticlines à direction généralement horizontale (*fig.* 36, 39 à gauche; *fig.* 37 à droite); ultérieurement, la division longitudinale de la cellule inférieure isolée par la cloison anticline et la division transversale de l'élément isolé extérieurement par la cloison péricline, forment les premiers éléments du dermatogène. La segmentation s'arrête là et, dans la graine mûre, seule la taille des cellules s'est accrue par accumulation de lipides, comme dans les autres étages. L'étage *l* est donc constitué de deux assises cellulaires.

Dans les octants inférieurs, *l'*, les premières divisions sont longitudinales (*fig.* 34, 39, 40) ou, à la fois, longitudinales et transversales (*fig.* 37). Dans le premier cas, il se forme ensuite quelques parois transversales, notamment dans les cellules périphériques qui représentent les premiers éléments du dermatogène (*fig.* 41, 42). Dans le deuxième cas, les cellules séparées par des parois longitudinales se cloisonnent transversalement (*fig.* 38, 42), les autres longitudinalement. Tous ces cloisonnements ne dépassent pas la formation de deux assises cellulaires.

Les cellules de l'étage *m* se cloisonnent longitudinalement (*fig.* 33 à 37, 39 à 41); leur segmentation transversale suit rarement, sauf, et seulement en partie, dans les cellules périphériques qui sont à l'origine du dermatogène (*fig.* 42).

Les cellules *h*, *k*, *o*, *p* se divisent transversalement environ une fois pour former un suspenseur filamenteux constitué au maximum de sept cellules, dont la partie inférieure fait saillie en dehors de l'ovule, par le micropyle. Sa plus grande partie dégénère, seuls les deux éléments issus de *h*, c'est-à-dire *h'* et *h''*, se retrouvent dans la graine mûre : la cellule inférieure *h''* divisée en deux cellules superposées (*fig.* 41) et la cellule supérieure *h'* en deux cellules juxtaposées (*fig.* 42).

Tous ces éléments, issus de *h*, *k*, *o* et *p* donnent ainsi un suspenseur *s. lato*, dont l'étage le plus interne *h'*, avec ses deux cellules juxtaposées, constitue une hypophyse.

Le proembryon, dans la graine mûre, est donc très rudimentaire; par sa tétrade en A_2, par la participation de *cb* à la construction de *m* et de *h*, il se classe dans le premier groupe embryogénique de la première division du système périodique ([5]). Le développement de cet embryon offre une certaine ressemblance avec celui de l'*Orchis latifolia* L. étudié par M. Treub. Chez cette dernière espèce, la tétrade serait linéaire; mais la segmentation n'ayant pas été rigoureusement suivie, peut-être s'agit-il d'une fausse tétrade linéaire semblable à celle que nous avons rencontrée chez l'*O. longibracteata* Biv.

Nos observations détaillées sur le développement de l'embryon de l'*O. longibracteata*, à partir de l'œuf jusqu'au stade adulte, permettent aujourd'hui

---

([5]) R. Souèges, *Embryogénie et Classification*, 2e fasc., Paris, 1939.

d'établir un type embryonomique assez bien caractérisé, sur lequel on pourra dès maintenant se baser dans toutes nouvelles recherches sur l'embryogénie comparée des Orchidacées.

HISTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Nature histologique des éléments du bois secondaire chez les Bruniacées; leur intérêt au point de vue phylogénétique.* Note de M. **Robert Lemesle**, présentée par M. René Souèges.

Le prosenchyme des Bruniacées se compose de fibres, longues parfois de 1 mm, et munies d'aréoles de 3 à 4 μ de diamètre en général, dont les fentes en X touchent ou dépassent le pourtour de la ponctuation : ces « fibres-trachéides », témoignent d'un état peu évolué. Ce bois se montre aussi nettement primitif dans une famille dont les caractères floraux indiquent un degré de perfectionnement déjà accentué.

Précédemment [1] nous avons décrit les divers types de scléréides dans les tiges de quelques Bruniacées. L'examen du xylème de ces mêmes organes nous révèle toujours la formation très précoce d'un cylindre ligneux complet, entièrement sclérifié. Chez certaines espèces, l'écorce et la moelle se réduisent considérablement : dans un rameau de *Staavia globosa* Sond., dont la section transversale mesure 2,6 mm de largeur, le diamètre total du cylindre ligneux est de 2,3 mm, tandis que celui de la moelle se réduit à 0,34 mm. Dans une tige de *Tittmannia laxa* Presl., d'un diamètre total de 1,70 mm, la moelle n'en occupe que le 1/20e.

L'anneau de bois secondaire est divisé en secteurs par des rayons médullaires lesquels, dans quelques espèces, perdent leur symétrie radiale pour prendre une disposition fortement sinueuse; ce caractère xérophytique est très marqué chez le *Staavia globosa* Sond., le *Linconia cuspidata* Sw. et le *Lonchostoma acutiflorum* Wikstr.

Comme l'indiquaient Fr. Niedenzu et H. Harms [2], chaque secteur du cylindre ligneux se compose de vaisseaux à perforations scalariformes et de fibres à ponctuations aréolées; la nature de ces dernières n'avait pas été précisée.

La longueur des fibres atteint ordinairement 500 à 720 μ; elle s'élève même parfois jusqu'à 1 mm. Leur section transversale est tantôt arrondie ou elliptique, tantôt quadrangulaire ou hexagonale; la largeur varie de 11 à 20 μ. Toutes les faces sont pourvues de ponctuations aréolées nombreuses, rapprochées, disposées un peu irrégulièrement; les aréoles circulaires, (3 à 4 μ), présentent des fentes en X lesquelles touchent ou dépassent légèrement le pourtour de la ponctuation. Chez le *Lonchostoma acutiflorum* Wikstr., les ouvertures en X font assez fortement saillie en dehors de

(1) *Comptes rendus*, 241, 1955, p. 1490.

(2) *Naturlischen Pflanzenfamilien*, Auf. 2, 18 A, 1930, p. 291.

l'aréole, ici de 2 à 3 μ. Dans toutes nos espèces, ce prosenchyme se compose donc de fibres-trachéides.

Les vaisseaux restent souvent isolés; par places, ils se groupent en petits amas. Leur section transversale est quadrangulaire ou polygonale à angles mousses, parfois circulaire ou ovoïde; le calibre maximum atteint 45 μ chez le *Brunia stavioides* Sond., 38 μ chez le *Staavia glutinosa* Dahl. En général, il ne dépasse guère 25 à 30 μ; il se réduit même à 20 μ chez *l'Audouinia capitata* Brong.

Les faces latérales des vaisseaux sont munies de ponctuations aréolées, tantôt semblables à celles des fibres-trachéides (forme la plus fréquente), tantôt étirées de façon à réaliser le type scalariforme (ce mode prédomine chez le *Brunia lævis* Thünb.). On observe aussi des aréoles circulaires ou elliptiques, à fentes ne touchant pas le pourtour de la ponctuation.

Les cloisons fortement obliques, à perforations scalariformes, se trouvent à des intervalles d'environ 280 à 350 μ (430 μ chez l'*Audouinia capitata* Brong.). Jusqu'à présent, le nombre de barreaux n'avait pas été mentionné dans les divers genres : il varie de 10 à 15 chez le *Tittmannia laxa* Presl., de 15 à 20 chez l'*Audouinia capitata* Brong., de 15 à 30 chez le *Staavia glutinosa* Dahl (mais ici il peut atteindre 40), de 20 à 30 chez le *Brunia lævis* Thünb., de 20 à 40 chez le *Staavia globosa* Sond., de 30 à 50 chez le *Brunia stavioides* Sond., le *Linconia thymifolia* Sw. et le *L. alopecuroides* L. (chez ces deux dernières espèces, il peut toutefois se réduire à 20). Le nombre de barreaux est d'environ 50 chez le *Brunia squalida* Sond. et il peut s'élever jusqu'à 60 chez le *Lonchostoma acutiflorum* Wikstr.

Cette étude histologique du bois secondaire des Bruniacées nous amène à mettre en évidence quelques particularités primitives : les vaisseaux souvent isolés et de faible calibre, la constance des cloisons fortement obliques et de leurs perforations scalariformes, le nombre parfois assez élevé de barreaux. On peut y joindre la grande prépondérance des longues fibres-trachéides, type peu évolué.

En tenant compte de la morphologie florale, nous remarquons plusieurs caractères lesquels manifestent un degré marqué de perfectionnement : 1° le nombre défini des pièces du périanthe et des étamines, ainsi que leur disposition verticillée; 2° la concavité du réceptacle floral qui loge un ovaire infère ou semi-infère; 3° la syncarpie; 4° la placentation axile au moins dans la région inférieure du gynécée; 5° la réduction du nombre des carpelles et des ovules.

Du reste, les Bruniacées sont classées par R. Wettstein (³) dans l'ordre

(³) *Handbuch der systematischen Botanik*, Leipzig und Wien, 1935.

des Rosales, au voisinage des Saxifragacées; J. Hutchinson ([4]) et A. Gundersen ([5]) les placent dans l'ordre des Hamamélidales.

Ici encore, l'histologie du xylème nous révèle des survivances archaïques chez une famille qui, par ses caractères floraux, occupe un rang déjà assez élevé dans la généalogie des Dialypétales.

HISTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur la structure et le fonctionnement du point végétatif de* Selaginella caulescens *Spring.*, *var. amœna*. Note de M. **Roger Buvat**, présentée par M. Raoul Combes.

Espèce à ramification non exactement dichotome, *S. caulescens* présente des points végétatifs à territoire apical passif. Les territoires actifs dans l'ontogenèse rappellent l'anneau initial et le méristème médullaire des Dicotylédones, mais la stèle, réellement caulinaire, s'ébauche indépendamment des feuilles.

Chez les Angiospermes, l'ontogenèse des tissus conducteurs et des tissus plus externes de la tige est inséparable de celle des feuilles elles-mêmes, et résulte de l'activité de l'*anneau initial*. La partie de la tige qui, par son origine, demeure proprement caulinaire est alors réduite à la moelle, issue du méristème médullaire, subapical et axial. La région apicale axiale est pratiquement dépourvue d'activité pendant la croissance végétative.

Chez les Lycopodiales, les feuilles sont, selon Bower ([1]), des « microphylles », c'est-à-dire des productions superficielles dont l'édification serait indépendante de celle des tissus conducteurs de la tige. Des figures anciennes de Strasburger ([2]) et de Treub ([3]) semblent montrer que ces tissus proviennent des cellules apicales axiales du méristème.

On peut donc se demander si, dans ces conditions, la notion d'*anneau initial* est encore applicable aux Lycopodiales, par exemple aux Selaginelles, et quel est le comportement des cellules sommitales axiales de l'apex.

Les tiges étudiées sont monostéliques et le méristème apical est en forme de dôme à section elliptique (*fig.* 1). La ramification n'est pas exactement dichotome, les nouveaux apex naissent latéralement, à environ 50 μ du sommet. Ce sommet est occupé par des cellules plus grandes et plus vacuolisées que leurs voisines. On distingue généralement une apicale axiale, triangulaire en section, flanquée de grandes cellules à section rectan-

([4]) *The Families of flowering plants*, II, *Dicotyledons*, Univ. Press, London, 1926.

([5]) *Families of Dicotyledons*, Waltham Mass., U. S. A., 1950.

([1]) *Primitive land plants*. Macmillan and Co, London, 1935.

([2]) *Die Coniferen und die Gnetaceen. Ambr. Abel*, Leipzig, 1872.

([3]) *Ann. J. Bot. de Buitenzorg*, 5, 1886, p. 115-139.

gulaire (*fig.* 1). L'ensemble constitue 4 à 8 cellules, grandes et claires, couronnant l'apex. Au-dessous et plus latéralement se trouvent des cellules plus petites et plus denses, à vacuoles réduites. Elles sont aussi moins riches en tannins que les apicales. De cette zone très méristématique se

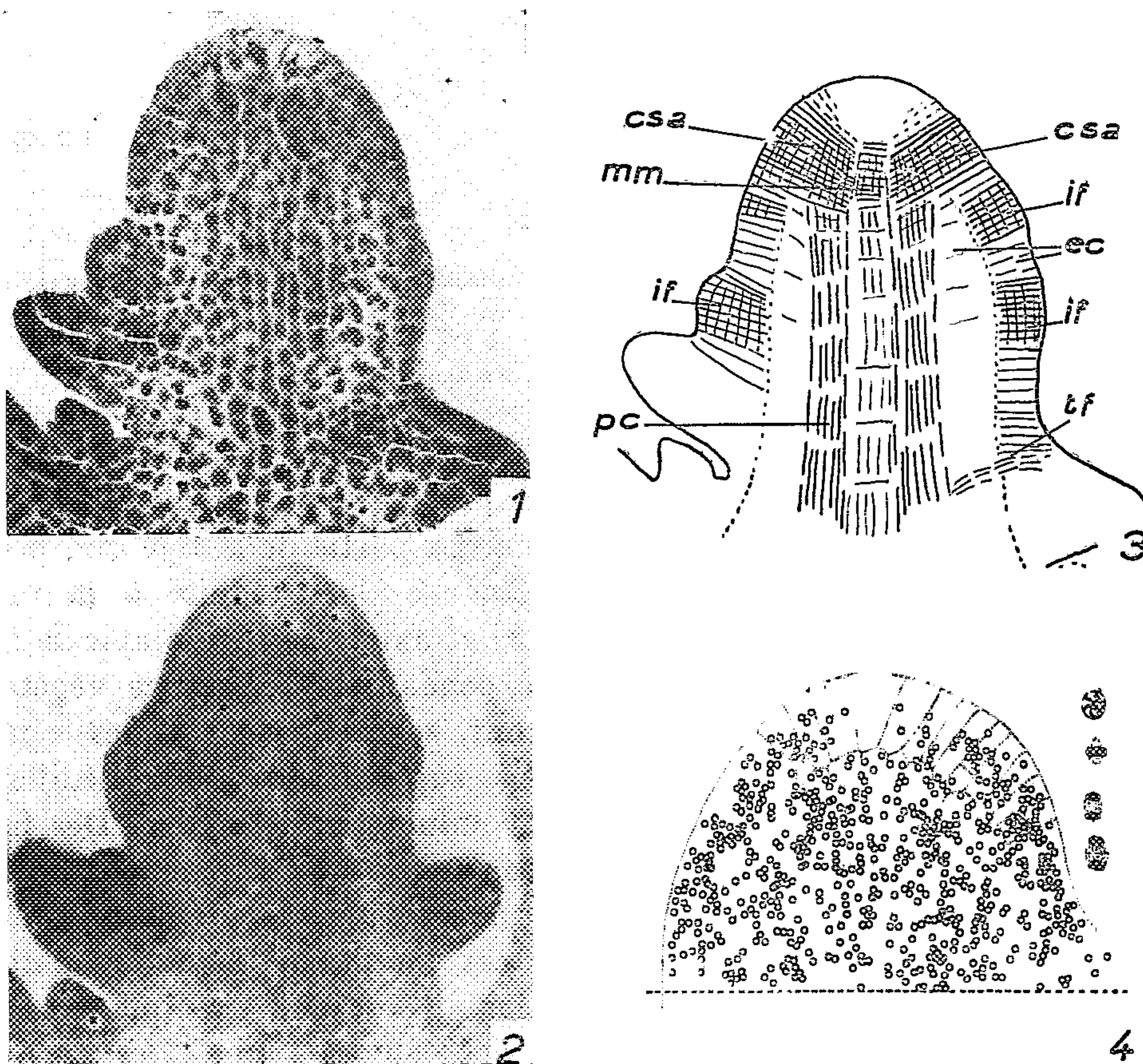


Fig. 1. — Section d'un apex de *S. caulescens*, médiane dans la partie supérieure (Navachine-Hématoxyline).

Fig. 2. — Id., obtenu par la méthode de Brachet.

Fig. 3. — Schéma d'interprétation; les *lieux d'initiation* sont en traits croisés. *csa*, couronne subapicale; *mm*, méristème médullaire; *if*, initium foliaire; *ec*, différenciation de l'écorce; *pc*, manchon de tissu proconducteur; *tf*, trace foliaire.

Fig. 4. — Superposition des relevés de mitoses de 53 apex; à droite, dimensions des figures de caryocinèses à l'échelle du dessin.

dégage, vers la base, des cellules qui se différencient avec des vitesses variables. Un cordon axial à différenciation rapide produit la moelle. Il est entouré d'un manchon de cellules proconductrices à différenciation beaucoup plus tardive, mais que l'on peut suivre presque jusque sous les apicales, et en tout cas *plus haut que les plus récents initiums foliaires.* Ces derniers naissent de mitoses péricilnes des cellules *superficielles des*

flancs de l'apex. Les cellules intéressées subissent alors une accentuation de leurs caractères méristématiques (*fig.* 3, *if*).

Entre la zone superficielle et le manchon proconducteur se trouve un manchon de cellules à différenciation rapide, qui produiront l'écorce de la tige et un endoderme lacuneux très particulier.

Dans cette zone corticale, des traces cellulaires venant des ébauches foliaires retiennent seules leurs caractères méristématiques (*fig.* 3, *tf*), elles formeront la base du cordon conducteur des microphylles et réaliseront le raccord avec la solénostèle, raccord qui se fait *sans fenêtre foliaire*. La morphologie des vacuoles (méthode de Regaud) et la répartition des acides ribonucléiques (méthode de Brachet, *fig.* 2) confirment pleinement les variations d'état méristématique suggérées par les préparations histologiques. Elles montrent qu'il existe, au-dessous du groupe apical, moins méristématique, une zone hétérogène, mais continue, de cellules à caractères méristématiques accentués. Cette zone, cupuliforme, comporte une couronne, à profil conique (*fig.* 3, *csa*), et un îlot central situé immédiatement au-dessous des apicales axiales (*fig.* 3, *mm*). La couronne subapicale rappelle l'*anneau initial* des Angiospermes. Elle n'en diffère que par le fait que les feuilles d'une part et les tissus conducteurs de la stèle d'autre part, bien que dérivant de cette zone, s'*édifient indépendamment* (*fig.* 3). L'îlot central concourt peut-être à la genèse de la stèle, mais il produit essentiellement la moelle (*fig.* 3); il rappelle, en plus étroit, le méristème médullaire des dicotylédones.

Le rapprochement entre la *couronne subapicale* et un *anneau initial* d'Angiosperme est encore appuyé par les reports de mitoses, effectués sur 53 apex, représentant la *totalité* des sections *histologiques* longitudinales (fixation au Navachine) qui ont servi à ces recherches. La figure 4 ainsi obtenue montre la rareté des mitoses dans les cellules les plus apicales. Sur un total de 624 cinèses aucune n'a été observée dans la cellule apicale elle-même, 5 dans les grandes cellules immédiatement voisines, dont le nombre est de l'ordre de 4 à 8. Les reports concernant environ 400 cellules par échantillon, on voit qu'en moyenne, chacune des autres cellules du méristème s'est divisée à peu près une fois et demie. Au-dessous des apicales, la répartition est sensiblement uniforme : à part quelques éclaircies longitudinales, dans l'écorce et dans la moelle, l'espace subapical aurait été entièrement couvert, si les reports avaient représenté, à l'échelle du dessin, les dimensions des figures de division (*fig.* 4).

Ainsi, les foyers de prolifération organogène qui construisent la tige de *Selaginella caulescens* sont latéraux et subterminaux, comme chez les Dicotylédones. La différence essentielle est que le procambium de la stèle s'ébauche indépendamment des émergences foliaires, mais les cellules

les plus apicales ne semblent pas pour cela présenter de rôle plus déterminant dans l'ontogenèse.

Cette passivité de l'apex, observée chez *S. caulescens*, n'est d'ailleurs pas généralisable à toutes les espèces du genre, nous espérons en donner prochainement les raisons sur un exemple tout différent.

GÉNÉTIQUE. — *Étude du déterminisme de la stérilité observée chez un alloploïde génomique obtenu expérimentalement à partir de deux espèces de* Crepis : Crepis multiflora *Sibth. et Sm. et* Crepis Zacintha (*L.*) *Babc.* Note de M. **André Bilquez**, présentée par M. Raoul Combes.

L'alloploïde obtenu à partir de *Crepis multiflora* Sibth. et Sm. ♀ et *C. Zacintha* (L.) Babc. ♂ est entièrement stérile. Sa stérilité semble être la conséquence d'une différence dans la vitesse d'évolution des chromosomes en provenance de chaque espèce parentale au cours des différents stades de la méïose.

On estime très généralement à la suite de Clausen, Keck et Hiesey ([1] que le succès dans l'obtention des alloploïdes et la régularité du comportement de ceux-ci sont d'autant plus grands que les espèces parentales sont biologiquement plus éloignées l'une de l'autre. On connaît cependant plusieurs exemple d'alloploïdes formés à partir d'espèces parentales biologiquement assez voisines et qui néanmoins sont d'une grande vigueur et d'une grande fertilité.

L'alloploïde formé expérimentalement à partir des deux espèces *Crepis multiflora* et *Crepis Zacintha*, qui sont deux espèces biologiquement très éloignées l'une de l'autre ainsi que le prouve l'absence de toute association entre les chromosomes des deux génomes parentaux lors de la meïose de l'hybride diploïde F_1, constitue une exception dans l'autre sens.

L'alloploïde obtenu à partir de *C. multiflora* ♀ et *C. Zacintha* ♂ se développe, en effet, avec beaucoup de difficulté; il est en outre complètement stérile.

On constate lorsqu'on étudie la méïose de cet alloploïde que l'évolution des chromosomes en provenance de chaque espèce parentable se fait selon des vitesses différentes.

Les chromosomes du type *zacintha* ont déjà atteint le stade diplotène alors que ceux du type *multiflora* sont encore au pachytène (*fig.* 1), ce qui tendrait à prouver que la prophase dure moins de temps pour les premiers que pour les seconds. La séparation anaphasique et la migration vers les pôles a lieu par contre plus précocement pour les chromosomes du type

(1) *Experimental Studies on the nature of species*, Carnegie Institution of Washington, Publication 564, 1945.

multiflora que pour ceux du type *zacintha*, exception faite pour la paire de chromosomes nucléolaires de type *multiflora* qui demeure au stade de la plaque équatoriale en compagnie des trois paires chromosomiques du type *zacintha* (*fig.* 2).

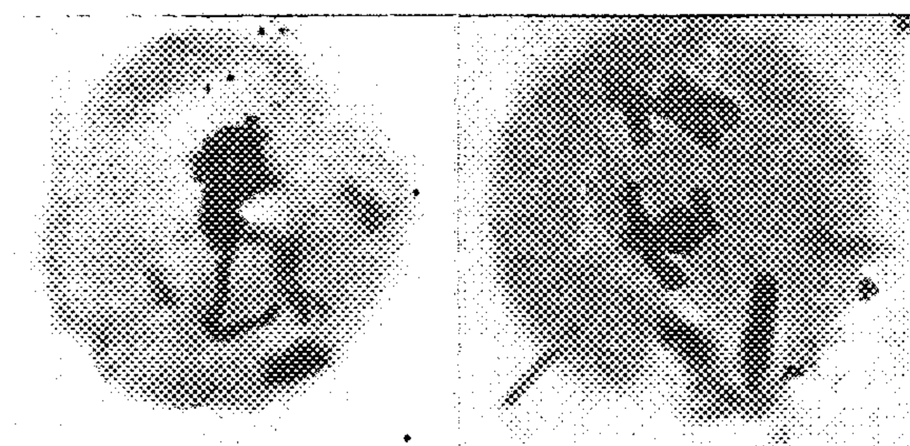


Fig. 1. Fig. 2.

La migration vers les pôles de ce groupe ne se produit qu'après que les trois premières paires de chromosomes du type *multiflora* ont atteint les pôles et ont commencé le cycle de la deuxième division. Il en résulte la formation de tétrades entièrement déséquilibrées du point de vue chromosomique (*fig.* 3). Ceci d'autant plus que la séparation anaphasique de la

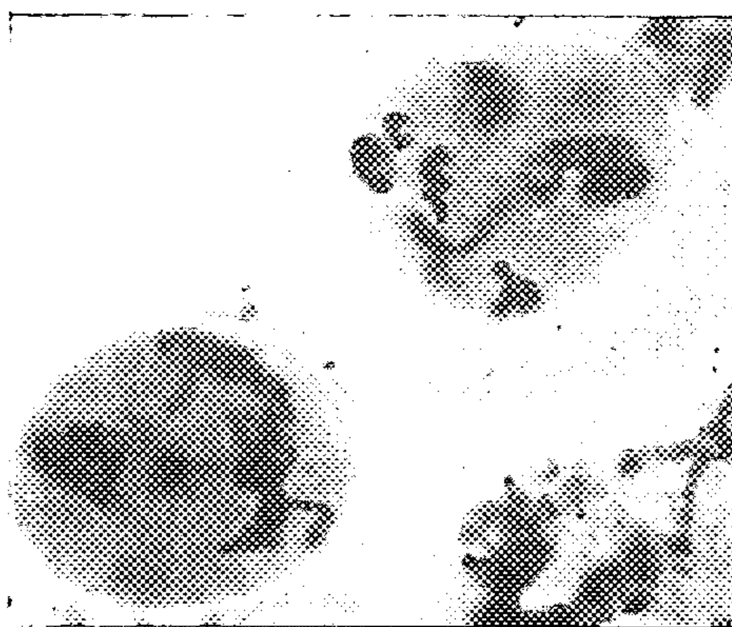


Fig. 3.

paire de chromosomes nucléolaires de type *zacintha* a lieu plus difficilement que celle des deux autres paires de chromosomes de même type, du fait qu'il existe chez cette paire de chromosomes nucléolaires une proportion de chiasmata non terminalisés beaucoup plus grande qu'il n'y en a dans les autres paires. D'où ces pseudo-ponts qu'on observe sur la presque totalité des cellules arrivées au stade de la formation des tétrades.

On notera l'étrange comportement des chromosomes nucléolaires du

type *multiflora* qui lient leur évolution anaphasique à celle des chromosomes nucléolaires de l'autre type parental.

Il aurait été intéressant d'examiner dans quelle mesure le cytoplasme influe sur le comportement des chromosomes. Cela eût pu se faire en étudiant quelles sont les caractéristiques de la méïose chez l'alloploïde formé à partir de l'hybride réciproque *Crepis Zacintha* × *C. multiflora*. Nous n'avons malheureusement jamais pu réussir d'hybridation dans ce sens, alors que l'hybridation *Crepis multiflora* ♀ × *Crepis Zacintha* se fait au contraire très aisément.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Nouvelles recherches sur le pinitol des Légumineuses. Sur la présence de d-quercitol dans le* Pterocarpus lucens *Guill. et Perr.* Note de M. VICTOR PLOUVIER, présentée par M. Gabriel Bertrand.

L'extraction du pinitol (méthyl-*d*-inositol) chez les Légumineuses a déjà fait l'objet de plusieurs Notes (1). Le présent travail a pour but de rechercher ce même cyclitol dans de nouvelles plantes et notamment quelques Dalbergieæ. Celles-ci m'ont été envoyées par M. Letouzey, Inspecteur principal des Eaux et Forêts, Chef de la Section de Recherches Forestières du Cameroun, qui a bien voulu se charger de la détermination des espèces. Les méthodes d'extraction et d'identification, déjà décrites, restent les mêmes.

Le pinitol a été isolé à l'état cristallisé des espèces suivantes :

1° MIMOSOIDEÆ. — *Acacia Seyal* Delile (gomme Talha).

2° CÆSALPINIOIDEÆ. — *Cercis Siliquastrum* L. (Arbre de Judée) (racines); *Bauhinia aurea* Léveillé (tiges, feuilles); *Cæsalpinia Bonducella* Fleming (2).

3° PAPILIONATÆ. — Sophoreæ : *Sophora japonica* L. (fleurs, gomme); *Maackia amurensis* Rupr. (feuilles).

Podalyrieæ : *Anagyris foetida* L.; *Chorizema ilicifolium* Labill.

Genisteæ : *Crotalaria striata* Schrank; *Lupinus arboreus* Sims (rameaux); *Laburnum anagyroides* Med. (écorces de racines); *Petteria ramentacea* Presl. (fruits verts, en juillet); *Cytisus Battandieri* Maire; *C. hirsutus* L.; *C. scoparius* Link var. *Andreanus* Dipp. (fleurs); *C. supinus* L.

Trifolieæ : *Ononis hircina* Jacq.; *O. repens* L.; *Trigonella corniculata* L.; *Medicago arborea* L.; *Trifolium alexandrinum* L.; *T. arvense* L.; *T. fragiferum* L.; *T. pannonicum* Jacq.; *T. subterraneum* L.

---

(1) V. PLOUVIER, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 859; 230, 1950, p. 125 et 863.

(2) L'extraction a été effectuée sur les tiges feuillées pour toutes les plantes herbacées sans indication d'organe étudié.

Loteæ : *Hymenocarpos circinnata* Savi; *Securigera Coronilla* DC.; *Lotus ornithopodioides* L.; *L. Tetragonolobus* L.

Galegeæ : *Amorpha fruticosa* L. (écorces); *A. microphylla* Pursh (feuilles); *Robinia hispida* L. (écorces, folioles); *R. viscosa* Vent. (feuilles); *Colutea arborescens* L. (feuilles); *Caragana sibirica* Med. (feuilles); *Glycyrrhiza foetida* Desf. (feuilles); *G. glabra* L. (écorces).

Hedysareæ : *Scorpiurus vermiculata* L.; *Coronilla cappadocica* Willd.; *C. glauca* L.; *C. montana* Scop.; *Hedysarum multijugum* Maxim. (tiges vertes, feuilles); *Onobrychis sativa* Lam. (fleurs); *Lespedeza Davidi* Franch. (feuilles).

Dalbergieæ : *Dalbergia Sissoo* Roxb. (rameaux, rachis, folioles); *Pterocarpus erinaceus* Lam. (rameaux, feuilles); *P. Soyauxii* Taub. (rachis); *Lonchocarpus laxiflorus* Guill. et Perr. (rameaux, folioles).

Vicieæ : *Cicer arietinum* L. (Pois chiche); *Vicia lutea* L.; *V. sepium* L.; *V. villosa* Roth.; *Lens esculenta* Moench (Lentille verte du Puy).

Les rendements sont très variables : maximum avec les feuilles d'*Amorpha microphylla* 3,3 % sec, les tiges vertes et rachis d'*Hedysarum multijugum* 3 %; pour la plupart des autres, 0,10 à 0,50 %; quelques espèces sont très pauvres (*Cæsalpinia*).

Cette troisième liste porte à 232 le nombre des extractions du pinitol chez les Légumineuses; elles ont été effectuées sur 154 espèces, 68 genres, répartis dans les trois sous-familles et les 10 tribus de Papilionatæ.

Le pinitol n'a pas été obtenu à partir des espèces suivantes :

Trifolieæ : *Ononis alopecuroides* L.; *O. Natrix* L. (³).

Dalbergieæ : *Dalbergia melanoxylon* Guill. et Perr. (rameaux, feuilles); *Pterocarpus lucens* Guill. et Perr. (rameaux, feuilles); *P. Mildbrædii* Harms (folioles); *Lonchocarpus Griffonianus* Dunn. (rachis, folioles); *Andira inermis* H. B. et K. (rameaux, folioles).

Vicieæ : *Vicia biflora* Desf.; *V. Ervilia* Willd. (*Ervum Ervilia* L.); *V. macrocarpa* Bertol.; *V. pannonica* Crantz; *Lathyrus Aphaca* L.; *L. Cicera* L.; *L. hirsutus* L.; *L. sativus* L.; *L. tuberosus* L.; *Pisum sativum* L. (fruits verts).

Phaseoleæ : *Phaseolus lunatus* L.; *Dolichos Lablab* L.

Ainsi, la présence de pinitol est presque générale dans les sept premières tribus de Papilionatæ tandis que chez les Dalbergieæ, Vicieæ et Phaseoleæ, de nombreuses espèces en sont dépourvues.

Le pinitol a été recherché dans quelques plantes appartenant à des familles voisines des Légumineuses, rangées avec celle-ci dans le groupe des Rosales, selon Engler : Connaracées (*Rourea orientalis* Baill., *Cnestis*

(³) La présence de pinitol chez l'*Ononis Natrix*, indiquée par erreur dans une liste précédente, était due à quelques rameaux d'une espèce voisine mélangés au matériel d'étude.

glabra Lam.), Rosacées (73 espèces examinées), Platanacées (*Platanus*), Hamamélidacées (8 espèces), Saxifragacées (22 espèces). Le pinitol n'a été rencontré dans aucune de ces plantes : il semble donc localisé uniquement chez les Légumineuses, à l'exclusion des familles voisines.

Les rameaux et feuilles de *Pterocarpus lucens* ont fourni du *d*-quercitol (rendement : feuilles 0,40 % sec). Identification par les propriétés suivantes : F 234°, sans dépression après mélange avec produit de référence; $[\alpha]_D + 23°$. Analyse élémentaire $C_6H_{12}O_5$, calculé %, C 43,90; H 7,31; trouvé %, C 43,76; H 7,50. Non méthoxylé. Réaction négative avec le nitroprussiate de sodium. Oxydation periodique identique à celle du *d*-quercitol isolé des *Quercus*.

Ce cyclitol n'a pas été rencontré dans les autres *Pterocarpus* ni aucune des Légumineuses étudiées. Il n'avait pas encore été signalé dans cette famille.

En résumé, le pinitol a été isolé 61 fois, de 53 espèces de Légumineuses. Il n'a pas été rencontré dans les familles voisines. Le *d*-quercitol a été isolé du *Pterocarpus lucens* (Papilionatæ-Dalbergieæ).

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Présence dans les racines du* Rauwolfia vomitoria *Afz. de l'ester triméthoxybenzoïque d'un alcaloïde du type de l'ajmaline.* Note de MM. **Jacques Poisson**, **Robert Goutarel** et **Maurice-Marie Janot**, présentée par M. Marcel Delépine.

Par chromatographie des eaux-mères de cristallisation de la réserpine extraites du *Rauwolfia vomitoria* Afz., on isole l'ester triméthoxybenzoïque d'une base du type de l'ajmaline. La méthanolyse de cet ester en présence de sodium conduit d'une part au triméthoxybenzoate de méthyle et d'autre part à une anhydroajmaline répondant à la formule $C_{20}H_{24}ON_2$, dont l'hydrogénation donne la desoxyajmaline.

La réserpine peut être extraite des racines du *Rauwolfia vomitoria* Afz. dans la fraction des bases faibles obtenues par agitation de la solution acétique des alcaloïdes totaux avec du chloroforme ou un autre solvant chloré ([1]), ([2]). Après séparation de la réserpine, les bases faibles résiduelles donnent par saponification une importante quantité d'acide triméthoxybenzoïque, de telle sorte qu'un dosage de la réserpine basé sur la quantité d'acide triméthoxybenzoïque obtenu par saponification des bases faibles est entaché d'erreur. Il en est de même pour tout dosage spectrophotométrique se référant aux bandes d'absorption dans l'ultraviolet ou l'infrarouge de l'acide triméthoxybenzoïque.

Nous avons séparé par chromatographie des bases faibles une fraction

([1]) Ciba, Brevet belge n° 408 634 (23 juillet 1953).

([2]) J. Poisson, A. Le Hir, R. Goutarel et M.-M. Janot, *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 1607.

amorphe, pratiquement homogène à la chromatographie : $[\alpha]_D^{20}$ —171° ($CHCl_3$, $c = 0,61$). Le spectre ultraviolet de cette base présentant un maximum à 252 mμ (log ε 4,17; calculé pour P. M. 520), est identique à celui d'un mélange équimoléculaire d'une base indolinique (ajmaline) et de triméthoxy-3.4.5 benzoate de méthyle. Le spectre infrarouge présente une très forte bande ester à 5,88 μ (ester triméthoxybenzoïque).

Cette fraction amorphe donne quantitativement par méthanolyse (méthanolate de sodium, 2 °/₀₀), d'une part du triméthoxybenzoate de méthyle (identifié sous forme d'acide triméthoxy-3.4.5 benzoïque après saponification complète), d'autre part une nouvelle base cristallisée répondant à la formule $C_{20}H_{24}ON_2$ (calculé % C 77,88; H 7,84; N 9,19; trouvé % C 78,0; H 7,9; N 9,2; et possédant un groupe NCH_3 (calculé % 4,87; trouvé % 4,79); un groupe C—CH_3 (calculé % 4,9; trouvé % 4,1; un « H » mobile (calculé % 0,33; trouvé % 0,32); pas de groupe OCH_3.

Cette base, F 330° (capillaire scellé sous vide, corrigé); $[\alpha]_D^{22}$ + 20° (pyridine, $c = 0,58$); + 134° (CH_3OH—$CHCl_3$, 5/2, $c = 0,48$) est remarquable par sa faible solubilité dans la plupart des solvants organiques : alcools méthylique et éthylique, chloroforme, etc. Son spectre ultraviolet [λ_{max} (mμ) 250, log ε 3,92; λ (mμ) 292, log ε 3,48] du type des bases indoliniques est pratiquement superposable à celui de l'ajmaline. Le spectre infrarouge ne présente pas les bandes d'absorption OH et NH dans la région de 3 μ, ni de bande C = O vers 6 μ.

Les constantes physiques de cet alcaloïde l'apparentent à la desoxyajmaline (³) $C_{20}H_{26}ON_2$; F 310°; $[\alpha]_D^{20}$ + 124° (CH_3OH—$CHCl_3$, 5/2; $c = 0,94$) et à la tétraphyllicine (⁴) $C_{20}H_{26}N_2$; F 320-322°; $[\alpha]_D^{27}$ + 21° (pyridine), alcaloïde non oxygéné représentant vraisemblablement le squelette de l'ajmaline. De fait, la nouvelle base, hydrogénée sous forme de chlorhydrate en solution alcoolique et en présence de palladium réduit de son oxyde, absorbe une molécule d'hydrogène et conduit à un produit parfaitement identique à la desoxyajmaline : F (capillaire corrigé) : base hydrogénée 309°; desoxyajmaline (⁵) 311°; mélange 310°; $[\alpha]_D^{22}$ (CH_3OH—$CHCl_3$, 5/2; $c = 0,66$) : base hydrogénée + 112 ± 2°; desoxyajmaline + 111 ± 2°. (Le pouvoir rotatoire varie d'une façon notable suivant la concentration.)

Les spectres infrarouge des deux bases (nujol) sont parfaitement superposables. L'ester triméthoxybenzoïque isolé du *Rauwolfia vomitoria* donne donc naissance par un mécanisme de deshydratation à un alcaloïde qui est une anhydroajmaline. Cet ester est sans doute le monoester triméthoxy-3.4.5 ben-

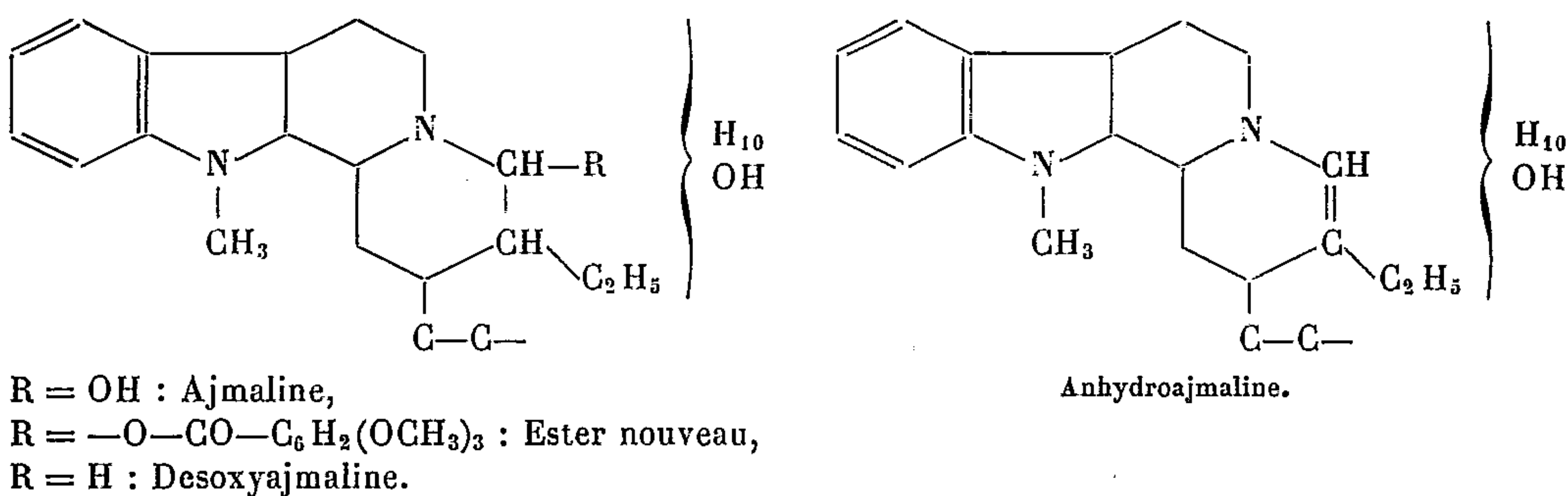
---

(³) F. A. L. ANET, Mrs D. CHAKRAVARTI (née MUKHERJEE), Sir ROBERT ROBINSON et E. SCHLITTLER, *J. Chem. Soc.*, 1954, p. 1242.

(⁴) C. DJERASSI et J. FISHMAN, *Chem. and Ind.*, 1955, p. 627.

(⁵) Desoxyajmaline due à Sir Robert Robinson.

zoïque de l'ajmaline ou d'une base isomère. L'estérification porte de toute évidence sur l'hydroxyle secondaire situé en α de l'azote basique de l'ajmaline.



R = OH : Ajmaline,
R = —O—CO—$C_6H_2(OCH_3)_3$: Ester nouveau,
R = H : Desoxyajmaline.

Anhydroajmaline.

Il faut remarquer que les spectres infrarouge (nujol), du nouvel ester, de l'anhydroajmaline et de la desoxyajmaline ne présentent pas de bande d'absorption OH ou NH dans la région de 3 μ alors qu'un hydroxyle est mis en évidence par le dosage d'un « H » mobile, mais il vient d'être établi que le second hydroxyle de l'ajmaline, qui est par conséquent celui de l'anhydroajmaline est un hydroxyle secondaire.

Il est vraisemblable que l'anhydroajmaline obtenue en quantité appréciable (environ 1 g pour 1 kg) par méthanolyse de l'ester triméthoxybenzoïque isolé du *Rauwolfia vomitoria* est identique à la serpinine récemment retirée en quantité infime (20 mg pour 75 kg) du *Rauwolfia serpentina* Benth, par Bose [6].

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Sur la nature et l'évolution biochimique des glucides des Lysimaques.* Note de M. **Jean Lys**, présentée par M. Roger Heim.

Nous avons précédemment montré que les glucides de plusieurs espèces de *Cyclamen* étaient surtout formés de sucres réducteurs, de saccharose, d'une quantité plus importante d'un glucofructoside et d'une saponine. Nous avons recherché ces mêmes glucides chez d'autres genres de Primulacées : *Lysimachia*, *Anagallis* et *Primula*. C'est cependant le genre *Lysimachia* qui forme l'essentiel de cette étude.

Le *L. vulgaris* L. possède des tiges bien développées; ses rhizomes trapus, munis de petites racines, donnent rapidement de nombreux bourgeons; elle renferme une proportion de glucides plus importante que les autres espèces.

On y trouve, outre un sucre réducteur et du saccharose présents dans tous les organes en quantité variable, un glucofructoside qui se forme

(6) S. Bose, *Die Naturwissenschaften*, 42, 1955, p. 71.

dans les tiges dès le début de la végétation. Il y passe progressivement de 1 g pour 100 tiges à 11 g en fin de végétation où il représente alors 38 % du total des glucides. Durant les mêmes périodes, ce glucofructoside passe de 12 à 75 % dans les bourgeons, tandis que dans les rhizomes la proportion de 70 % reste sensiblement constante. Seule sa composition varie : les indices de réduction enzymolytique évoluant de 850 à 1300, il apparaît de plus en plus riche en fructose. On peut suivre d'une part sa formation dans les tiges et dans les rhizomes aux dépens du réducteur et du saccharose dont le glucose est alors utilisé par la respiration et d'autre part, sa dégradation dans les bourgeons en formation où il fournit du fructose pour la formation des nouveaux tissus.

Le *L. punctata* L. var. *villosa* (F. W. Schm.) Klatt. a un aspect extérieur légèrement différent : tiges creuses, rhizomes plus courts, racines assez grosses, bourgeons plus nombreux mais plus tardifs. La saponine, en quantité plus importante que chez L. *vulgaris*, apparaît déjà dans les bourgeons.

L'évolution des glucides est aussi différente. Les tiges forment d'abord une proportion abondante de sucres réducteurs (96 %), peu de saccharose (4 %) sans trace de glucofructoside qui ne s'y accumule ensuite qu'en petites quantités (15 % du total des glucides).

Dans les rhizomes, au contraire, c'est le saccharose qui prédomine, où il devient cinq fois plus important en fin de végétation, tandis que le glucofructoside n'y augmente que trois fois, atteignant alors 30 % du total des glucides. Ce même total étant, par ailleurs, toujours nettement inférieur à celui du *L. vulgaris* (6 g contre 57 g pour la même période). Dans ce type, les glucides ne s'accumulent pas dans les rhizomes, dont les bourgeons sont bien développés avant la chute des feuilles.

Le *L. punctata* var. *verticillata* (Marsch. Bieb) Boiss., originaire du Caucase, bien que moins développée que la variété précédente a cependant un total de glucides plus important à la même période (9 g contre 3,60 g) formés en proportion égale de réducteur et de saccharose, 46 %, mais ne renfermant que 8 % de glucofructoside. Les tiges, avant la floraison, donnent 2/3 de réducteur pour 1/3 de saccharose et comme dans la variété *villosa*, il n'y a alors pas trace de glucofructoside.

Ces trois premiers types renferment aussi un pigment brun-rougeâtre plus ou moins intense, localisé surtout dans les rhizomes et les racines; il était employé jadis pour teindre la laine. Toutes les parties de la plante contiennent une quantité de saponine plus abondante que celle donnée par les diverses espèces de *Cyclamen*, comme d'ailleurs le *L. nemorum* L. aux tiges rampantes très réduites et dont les rhizomes et les racines sont insignifiants. La seule particularité à signaler pour cette dernière espèce, est la présence de 17 % de glucofructoside dans les feuilles, unique partie

de la plante bien développée, ne renfermant toutefois qu'un total de 1 g de glucides pour 100 feuilles.

L'*Anagallis arvensis* L. forme aussi les mêmes glucides, mais en très petite quantité, 0,44 g pour 100 plantes.

Quant à *Primula officinalis* Scop. dont les feuilles renferment un abondant pigment flavonique, un peu de saponine et très peu de réducteur sans autre trace de glucides, elle possède en revanche des rhizomes contenant énormément de saponine, peu de glucides (réducteur et saccharose), mais en plus un hétéroside : le primeveroside, qui semble y remplacer le glucofructoside toujours absent.

Ces résultats nous permettent de rapprocher au point de vue biochimique les genres *Cyclamen*, *Lysimachia* et *Anagallis*, plantes à glucofructoside, et de placer à part le genre *Primula*, à hétéroside.

PHYTOGÉOGRAPHIE. — *Sur la végétation xérique du bassin de la Meuse.* Note de MM. **Lucien Durin**, **William Mullenders** et **Constant Van den Berghen**, présentée par M. Roger Heim.

Étudiant les conditions et les voies d'immigration de la flore des stations xériques du bassin de la Meuse en Belgique nous présentons les résultats préliminaires de nos investigations sur les groupements qui abritent des espèces réputées xériques ou thermophiles, et qui jalonnent une aire d'immigration présumée : la Lorraine mosane. Ce territoire présente un relief de « côtes », taillé dans les terrains jurassiques, et formé des Côtes de Meuse (150-350 m, calcaires bathoniens, bajociens, rauraciens, argoviens) et de la dépression argileuse et marneuse de la Woëvre (Oxfordien, Callovien).

A. La végétation des Côtes. — La végétation naturelle se présente comme une mosaïque de pelouses calcaires (Bromion) et de forêts, généralement des Hêtraies, tant sur les fronts et revers que sur les plateaux, et à toutes les expositions. Manifestement les pelouses sont d'origine anthropique, quoique souvent d'âge très ancien. Les sols, de types rendzinoïdes, sont riches en bases et en squelette, assez superficiels et filtrants.

1. La forêt des Côtes, climax plus ou moins modifié suivant les circonstances, est essentiellement une futaie de *Fagus silvatica*. Les essences compagnes les plus fréquentes ou typiques sont *Carpinus betulus*, *Acer platanoides*, *Quercus sessilis*, *Tilia platyphyllos*, *T. cordata*, *Ulmus montana*, *Sorbus aria*, *S. torminalis*, *Acer campestre*, *A. pseudoplatanus*. Dans le sous-bois, *Mercurialis perennis* et *Hedera helix* dominent, accompagnés d'une soixantaine d'espèces, dont *Asperula odorata*, *Daphne mezereum*, *Cephalanthera alba* et *C. ensifolia*, *Carex digitata*, *Neottia nidus avis*.

Elymus europaeus est sporadique (forêt de Mazarin), tandis que *Hepatica triloba* (Dun-sur-Meuse, Mesnil-sous-les-Côtes, forêt de Souilly) et *Dentaria pinnata* (Dun-sur-Meuse) sont rares.

Ce type forestier a été reconnu depuis Charleville jusqu'aux abords de Saint-Mihiel.

Variantes principales. — *a.* Variante à *Luzula nemorosa* et espèces acidophiles, caractérise des placages de limon sur plateaux (Montmédy); *b.* Variante à *Buxus sempervirens* couvre de nombreux hectares sur les plateaux et pentes diverses près de Montmédy. La vitalité du Buis, sous les Hêtres, est excellente; *c.* les variations d'exposition n'induisent que de légères modifications floristiques : *Tilia platyphyllos* et *Sorbus aria* sont plus fréquents au Nord; *d.* la Hêtraie dégradée et clairiérée abrite *Carex montana*, *Pirola rotundifolia*, *Pulmonaria angustifolia*, etc.

2. Les boqueteaux disséminés dans les pelouses et les prés bois, sont constitués d'essences pionnières de la Hêtraie, accompagnées de *Melittis melissophyllum*, *Digitalis lutea*, *Clinopodium vulgare*, etc. Le Buis ne se rencontre que dans la région de Montmédy. *Quercus sessilis pubescens* n'apparaît qu'à hauteur de Saint-Mihiel.

3. Les pelouses du Bromion résultent de la dégradation des hêtraies ou de la colonisation des friches. Elles sont différenciées par rapport aux pelouses homologues, situées au Nord du massif cambrien de Rocroi, par une quinzaine d'espèces, parmi lesquelles : *Coronilla varia*, *Galium parisiense*, *Trifolium rubens*, *Ophrys arachnites*, *Anemone pulsatilla*, *Thalictrum minus*, *Brunella grandiflora*, *Seseli montanum*, *Linum tenuifolium*, *Phyteuma orbiculare*, *Teucrium montanum*. La richesse en espèces méridionales augmente sensiblement du Nord vers le Sud. *a.* Les pelouses au Nord de Verdun relèvent habituellement du Mésobromion et sont dominées par *Bromus erectus*, *Kœleria pyramidata*, *Festuca duriuscula*, *Avena pubescens* et *Brachypodium pinnatum* (friches et plateaux). A l'exposition Nord, on note des espèces moins héliophiles du pré bois, telles que : *Aquilegia vulgaris*, *Valeriana collina*, *Digitalis lutea*, et des Bryophytes. A l'exposition Sud, *Orobanche caryophyllacea* est abondant; *Sesleria coerulea* est très rare (vallée de la Bar); *b.* Les pelouses au Sud de Verdun possèdent un caractère plus xérique (Xérobromion), leur végétation est souvent ouverte, avec *Sesleria coerulea*, *Carex humilis*, *Genista pilosa*, *Leontodon glabratus*, *Linum alpinum*, *Thlaspi montanum*; à la Côte de Dompcevrin on observe *Coronilla minima* et *Thymus lanuginosus*, tandis qu'à Mesnil-sous-les-Côtes, on note *Aster amellus* et *Odontites lutea*. Dans les éboulis signalons *Linaria striata* (vallon des Éparges), *Iberis intermedia* (Pagny-la-Blanche Côte), etc.

B. La végétation de la Woëvre et des dépressions marneuses. — Le groupement climax est une forêt de Chêne pédonculé et de Charme

(*Querceto-Carpinetum medioeuropaeum*). Dans les fonds humides la végétation est une Frênaie à *Allium ursinum*. Les aires défrichées et non amendées sont occupées par une prairie mouilleuse (*Molinietum basiphile*).

Les conclusions suivantes, se rapportant aux trois types de végétation étudiés : pelouses, prés, bois et forêts, peuvent se dégager de l'étude de près de 250 relevés établis dans une région parcourue systématiquement.

1° La hêtraie climax occupe les Côtes et tend à se reconstituer partout où elle a été détruite (en particulier dans les zones de guerre).

2° Les peuplements de *Buxus sempervirens* sont localisés dans les pelouses et la hêtraie du bassin de la Chiers.

3° Les pelouses du *Brometum* sont d'une grande homogénéité floristique. Elles sont relativement riches en espèces subatlantiques (*Digitalis lutea, Helleborus fœtidus, Polygala calcarea*, etc.), subméditerranéenne et subméditerranéennes-atlantiques (*Seseli montanum, Hippocrepis comosa, Ophrys arachnites, Coronilla minima, Anthericum ramosum, Teucrium montanum, Prunus mahaleb*). Les pelouses lorraines diffèrent des groupements homologues du centre du Bassin parisien et de la Normandie.

4° Nous présumons que la majorité des espèces xérophiles migrent facilement à l'intérieur de l'aire étudiée; en effet, l'homogénéité floristique des pelouses nous paraît être indépendante de leur âge et de leur origine.

PHYSIOLOGIE. — *Observations préliminaires de la phonotaxie négative des Corbeaux à des signaux acoustiques naturels ou artificiels*. Note (*)
de MM. **René Guy Busnel, Jacques Giban, Philippe Gramet** et **François Pasquinelly**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

Agissant sur des bandes hivernales à des points de regroupement ou dans des dortoirs, une émission de très courte durée a suffit à provoquer la fuite des corbeaux et l'abandon des lieux qui dura au moins qnatre jours et fut même, dans un cas, définitif.

La phonotaxie négative des Corbeaux aux signaux acoustiques utilisés est apparue comme importante, sans phénomène d'accoutumance et assez spécifique de ces espèces.

A partir d'enregistrements de cris de Corbeaux correspondant à des comportements biologiques bien définis ([1]), nous nous sommes proposés d'observer par quelques expériences préliminaires, effectuées en nature, si l'émission acoustique de ces enregistrements était susceptible de provoquer, comme les cris naturels correspondants, un comportement analogue des Corbeaux. Nous avons voulu voir notamment si l'émission de cris d'effrôi ou de détresse était à même d'éloigner les Corbeaux du lieu d'émission d'une façon durable.

(*) Séance du 28 novembre 1955.

([1]) R. G. Busnel, J. Giban, P. Gramet et F. Pasquinelly, *C. R. Soc. Biol.*, 1955 (sous presse).

Nous étions d'ailleurs encouragés dans cette voie par les résultats de H. Frings et J. Jumber (²) qui avaient obtenu une réaction de ce genre sur l'Étourneau (*Sturnus vulgaris* L.). Deux séries d'essais ont été réalisées : l'une durant l'hiver 1954-1955, l'autre au printemps 1955; la première a porté sur des bandes hivernales de Corbeaux (Freux : *Corvus frugilegus* L.; Choucas : *Corvus monedula* L.; Corneille noire : *Corvus corone corone* L.), la deuxième sur des Freux au moment des nids.

On a utilisé pour cette émission des enregistrements sur bande magnétique (77 cm/s) diffusés à partir d'un magnétophone, une chaîne d'amplification, une chambre de compression et un haut-parleur directif de 1 km de portée environ.

Essais effectués en hiver. — En hiver, les Corbeaux vivent en bandes où les espèces sont souvent mélangées et font choix, pour passer la nuit, d'un dortoir — groupe d'arbres élevés — où ils se branchent. Ce sont habituellement les mêmes arbres qui servent de dortoir au cours d'un même hiver et aussi, d'un hiver à l'autre.

Dans les différents lieux d'expérience, nous avons pu observer de façon précise le processus curieux suivant lequel la bande de Corbeaux se disloque le matin après le lever du jour et se regroupe le soir à la tombée de la nuit en utilisant des points intermédiaires de dislocation ou de regroupement.

Le premier essai fut réalisé à Davron (Seine-et-Oise), le 13 décembre 1954, et il porta sur un point de regroupement. Deux émissions consécutives d'une durée de 45 s environ chacune furent effectuées à la nuit tombante, à une distance approximative de 100 m environ du haut-parleur. Elles provoquèrent l'envol immédiat de la trentaine de Freux présents. Ce n'est que le cinquième jour après l'émission que les Corbeaux commencèrent à utiliser à nouveau ce point de regroupement. Le deuxième essai fut effectué le 17 décembre au même lieu; l'émission, identique à celle du premier essai, dirigée vers le château qui, pendant le jour, était le lieu de rassemblement d'une cinquantaine de Choucas, a provoqué le départ immédiat des oiseaux. L'abandon des lieux dura également 4 jours complets.

Le troisième essai, le 28 décembre, porta sur un vaste dortoir d'une surface d'environ 4 ha, situé dans le parc de l'École nationale d'Agriculture de Grignon. D'après nos estimations, 3 à 5 000 Corbeaux y couchaient. Une seule émission de 30 s, le haut-parleur étant à peu près à 400 m du dortoir fut faite à 19 h 30, la nuit tombée, après que le calme complet se fut établi dans la corbeautière. L'envol fut général et immédiat. Le dortoir fut définitivement abandonné et l'on assista le lendemain à une dispersion des Corbeaux en de nombreux petits dortoirs, puis à la

(²) *Science*, 119, n° 3.088, 1954, p. 318-319.

reconstitution progressive d'un dortoir unique, situé à environ 1200 m de l'ancien.

Enfin, un quatrième essai fut réalisé en janvier, à Bures-sur-Yvette. Sur un groupe de 400 à 600 Freux, on a utilisé un signal correspondant à un ronflement produit par le déréglage de la chaîne d'émission. L'envol n'en fut pas moins immédiat et le lieu abandonné au moins pendant 3 à 4 jours.

Essai de printemps. — Nous avons réalisé un essai préliminaire au début du mois de mai, peu avant l'envol des jeunes. C'était, *a priori*, se placer dans les conditions biologiques les plus difficiles que l'on puisse rencontrer étant donné le comportement des parents à l'égard de leurs jeunes. On a fait des émissions des divers cris (Corneille, Freux, Choucas) durant 3 jours et 2 nuits, le plus souvent à la demande des observateurs, chacune durant d'une fraction de seconde à quelques secondes et séparées entre elles par des intervalles de quelques minutes à 20 mn. Durant les nuits, les intervalles ont pu atteindre plusieurs heures.

Il a été procédé, au total, à 151 émissions.

Les observations ont porté principalement sur une douzaine de nids facilement contrôlés de deux points fixes.

Ces interventions multiples ne provoquèrent pas l'abandon des nids, mais perturbèrent très profondément la vie de la corbeautière.

C'est ainsi que, seuls continuèrent à la fréquenter les Freux qui y avaient des jeunes au nid, tandis que les Corbeaux du voisinage (Freux, Choucas, Corneilles noires) évitèrent cette zone.

Les parents au cours des nuits, abandonnèrent la corbeautière et, par suite, commencèrent plus tard le matin, leur activité de nourrissage. Le séjour des parents auprès du nid était très raccourci au moment où ils venaient alimenter leurs jeunes.

Chacune des émissions a été suivie de l'envol immédiat des Corbeaux alors posés dans la corbeautière et de la fuite de ceux qui étaient en vol alentour.

Pourtant, on a pu remarquer, à l'occasion, que certains individus ne réagissaient pas, mais c'était de façon temporaire.

La persistance de l'effet d'une émission s'est révélée très variable : 9 à 18 mn en général, mais avec des différences individuelles et occasionnelles marquées.

Fait important, aucun phénomène d'accoutumance n'a été observé, même chez les individus occasionnellement réfractaires aux émissions.

Enfin, nous noterons que, si les émissions des cris de différents Corbeaux ont produit indifféremment leur effet sur les trois espèces, on a pu noter qu'elles ne troublaient pas certaines autres espèces d'oiseaux présentes : Ramiers, Fauvettes, Mésanges, Faisans, etc.

La phonotaxie négative des Corbeaux aux signaux acoustiques utilisés, aux deux stades biologiques précités, semble donc assez spécifique de ces espèces.

PHYSIOLOGIE. — *Évolution de la consommation d'oxygène chez le télencéphale de l'embryon de Poulet.* Note de M. **Jean Schwander**, présentée par Pierre-P. Grassé.

L'évolution de la consommation d'oxygène du télencéphale de l'embryon de Poulet a été suivie au cours du développement. Une comparaison est faite avec les résultats d'une étude précédente portant sur l'évolution de la teneur en azote total et en acide désoxyribonucléique de ce tissu.

Lors d'un précédent travail nous avions choisi des bases de référence convenables pour une étude de la croissance biochimique du télencéphale chez l'embryon de Poulet (1). Conformément aux intentions que nous avions alors formulées nous tentons d'aborder une étude sur la physiologie du développement de ce tissu nerveux en nous attaquant au problème de son métabolisme aérobie global. Cette Note rend compte des résultats obtenus en suivant l'évolution de la consommation d'oxygène du télencéphale de l'embryon de Poulet, intact, en présence d'un substrat, le glucose.

Les embryons de la race Rhode-Island, sont disséqués dans du liquide inorganique de Spratt (2), (3). La consommation d'oxygène est évaluée par la méthode directe de Warburg (3), (4). Les lobes télencéphaliques, libérés de leurs enveloppes sont utilisés intacts jusqu'au stade morphologique 35 (9e jour), aplatis suivant la méthode de Romanoff (5) à partir de ce stade jusqu'au stade 45 (20e jour). Nous utilisons des fioles de 15 cm^3 de capacité, le tissu étant en suspension dans 2 cm^3 de solution inorganique de Spratt, glucosée à la concentration de 0,001 M, maintenue à pH 7,7 (électròde de verre).

Les expériences sont de courte durée (60 mn) et sont effectuées à + 38° C (± 0,01) en atmosphère d'oxygène pur (3). Les résultats sont exprimés sur le graphique, dans un système de coordonnées semi-logaritmiques (en abscisses sont portés les jours et les stades morphologiques correspondants, en ordonnées, exprimés en millimètres cubes d'oxygène par heure, les volumes d'oxygène consommés par télencéphale).

Le graphique montre une augmentation régulière de la quantité d'oxygène

---

(1) J. Schwander, *Comptes rendus*, 241, 1955, p. 1336.

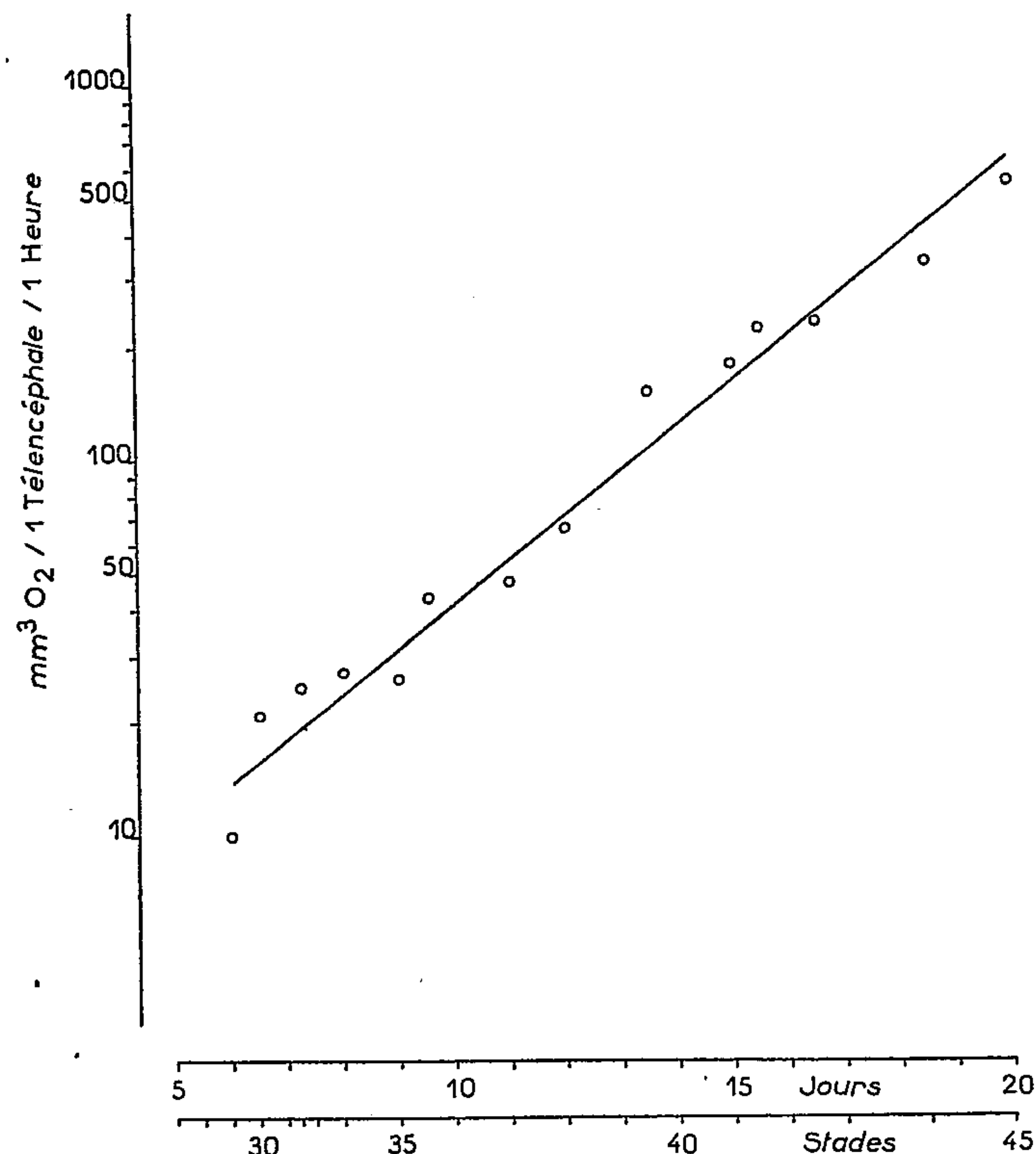
(2) *Biol. Bull.*, 99, 1950, p. 120.

(3) J. Gayet, *Arch. Sc. Physiol.*, 9, 1955, p. 11.

(4) W. W. Umbreit, R. H. Burris et F. Stauffer, *Manometric Techniques and Tissue Metabolism*, 1 vol., Minneapolis, 1951.

(5) *J. Exp. Zool.*, 93, 1943, p. 1.

consommé par télencéphale, au fur et à mesure de la croissance. Nous passons de 10 mm^3 par heure et par télencéphale au stade 29 (6e jour) à 530 mm^3 au stade 45 (20e jour). Comparons l'évolution de la consommation d'oxygène d'un télencéphale à l'évolution de sa teneur en azote total d'une part et en acide désoxyribonucléique d'autre part [1]. Dans le premier cas, du



stade 29 au stade 45, la consommation d'oxygène par heure et par milligramme d'azote total est pratiquement constante, cette consommation étant de 76 mm^3 d'O_2 par heure et par milligramme d'azote total. Dans le deuxième cas, nous constatons que la teneur en acide désoxyribonucléique (représentée par le phosphore total de cet acide) croît moins que le volume d'oxygène consommé; cette différence est peu sensible jusqu'au 7e jour d'incubation, mais elle est très nette du 7e jour à l'éclosion (au cours de cette dernière période, pour un télencéphale, la teneur en phosphore désoxyribonucléique est multipliée par 4 environ alors que le volume d'oxygène consommé est multiplié par plus de 20).

Les recherches que nous poursuivons actuellement sont destinées à tenter d'élucider les modalités de ce métabolisme aérobie au niveau de ce même tissu nerveux embryonnaire.

PHYSIOLOGIE. — *Importance du glucagon dans la régulation de la glycémie chez le Canard.* Note de M. **Pierre Mialhe**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

Nous avons montré [1] que la pancréatectomie totale entraîne, chez le Canard, une hypoglycémie mortelle, et qu'il faut injecter du glucose pendant 1 à 2 jours pour maintenir en vie les animaux opérés. Au bout de 48 h, l'hypoglycémie subsiste, mais les injections de glucose ne sont plus indispensables.

Il était logique de penser que le glucagon jouait un rôle important dans la régulation de la glycémie chez le Canard. Aussi avons-nous étudié l'effet de cette hormone [2] chez le Canard pancréatectomisé. Neuf canards mâles Kaki Campbell, âgés de 3 à 5 mois, ont été utilisés dans trois sortes d'expériences.

1° *Survie du Canard pancréatectomisé et glucagon* (canard n° 132). — Comme le glucose, le glucagon, injecté quand l'animal opéré présente des convulsions ou des signes de fatigue, permet la survie après pancréatectomie. Sept injections intraveineuses de 10 γ/kg au cours des 26 h suivant l'opération ont été suffisantes ; chacune élève la glycémie d'environ 70 mg pour 100 cm³ de sang, en 15 mn. Ensuite, l'hypoglycémie s'est maintenue, sans nécessiter de nouvelles injections.

2° *Injection de doses constantes de glucagon à intervalles réguliers* (4 canards). — On vérifie d'abord que l'animal est bien opéré en laissant descendre sa glycémie pendant 1 à 3 h, puis on injecte 10 γ de glucagon par la voie intraveineuse pour relever immédiatement la glycémie, et 200 γ par voie intra-musculaire. Injectée 2 h après l'opération, cette dose ramène la glycémie à son niveau normal et l'y maintient pendant 1 h 30 mn ; 2 h après l'injection, l'hypoglycémie reparaît. Nous avons donc fait des injections intra-musculaires de 200 γ toutes les 90 mn environ. La figure 1 montre l'évolution de la glycémie du canard n° 160. Dans ces conditions, la glycémie s'élève peu à peu, puis on obtient une hyperglycémie considérable au bout de la sixième injection (696 mg pour 100 cm³). Après la huitième injection, la glycémie met plus de 24 h à revenir à son niveau normal.

L'injection de 200 γ de glucagon toutes les 90 mn conduit donc à un diabète.

3° *Maintien d'une glycémie normale par le glucagon* (4 canards). — Dans ces expériences, la glycémie est suivie toutes les heures pendant 30 h après l'opération et les dosages sont faits immédiatement. On peut, de cette façon déterminer la dose de glucagon à injecter à un moment donné, connaissant la valeur qu'avait la glycémie une heure auparavant (il faut en effet presque une

---

(1) *Comptes rendus*, 241, 1955, p. 1500.

(2) Le docteur W. W. Bromer nous a envoyé 50 mg de glucagon amorphe Lilly (lot n° 208-158 B-197). La pureté de cet échantillon étant de 50 %, les doses réelles d'hormone sont égales à la moitié de celles que nous indiquons.

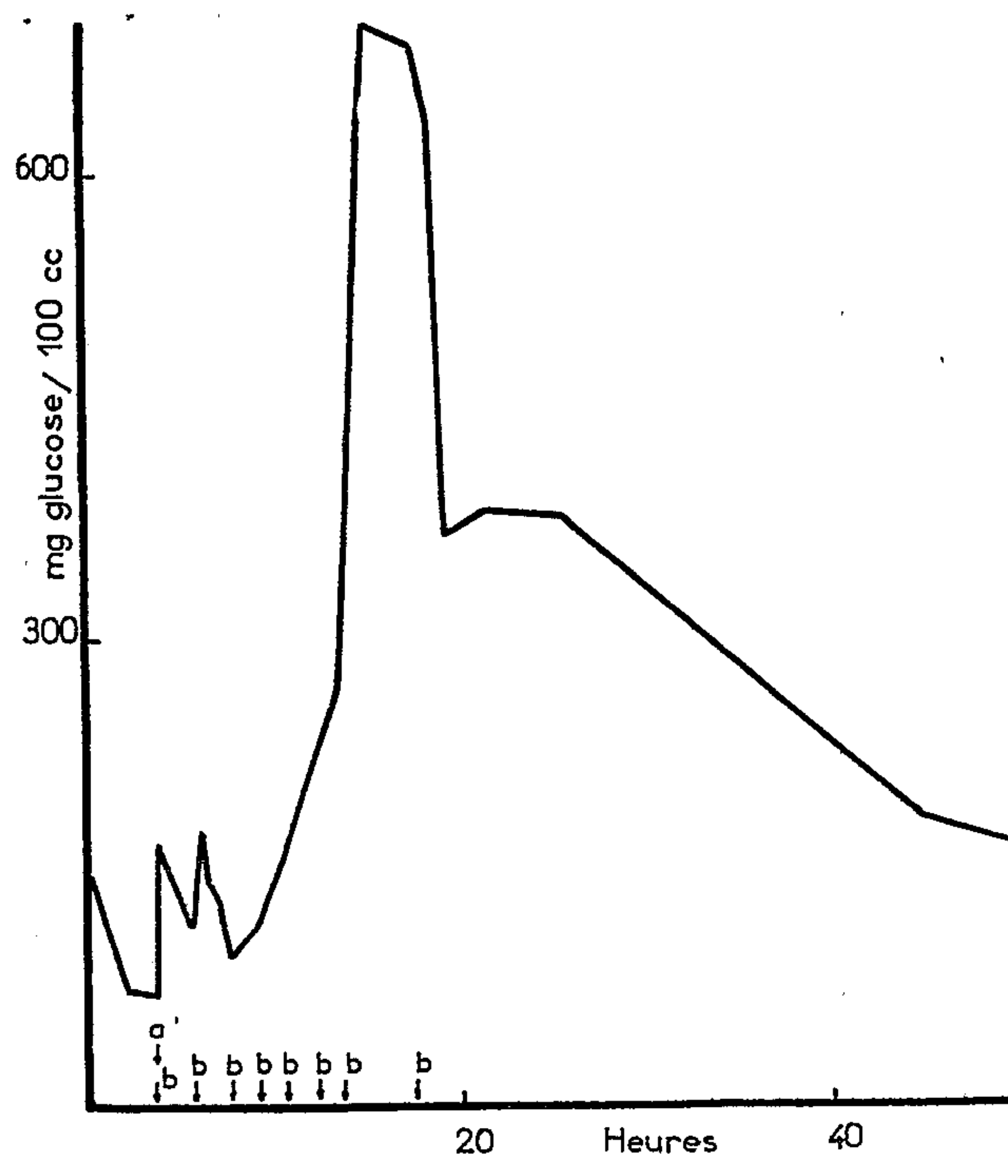


Fig. 1. — Canard nº 160. Injection de 200 γ de glucagon toutes les 90 mn.

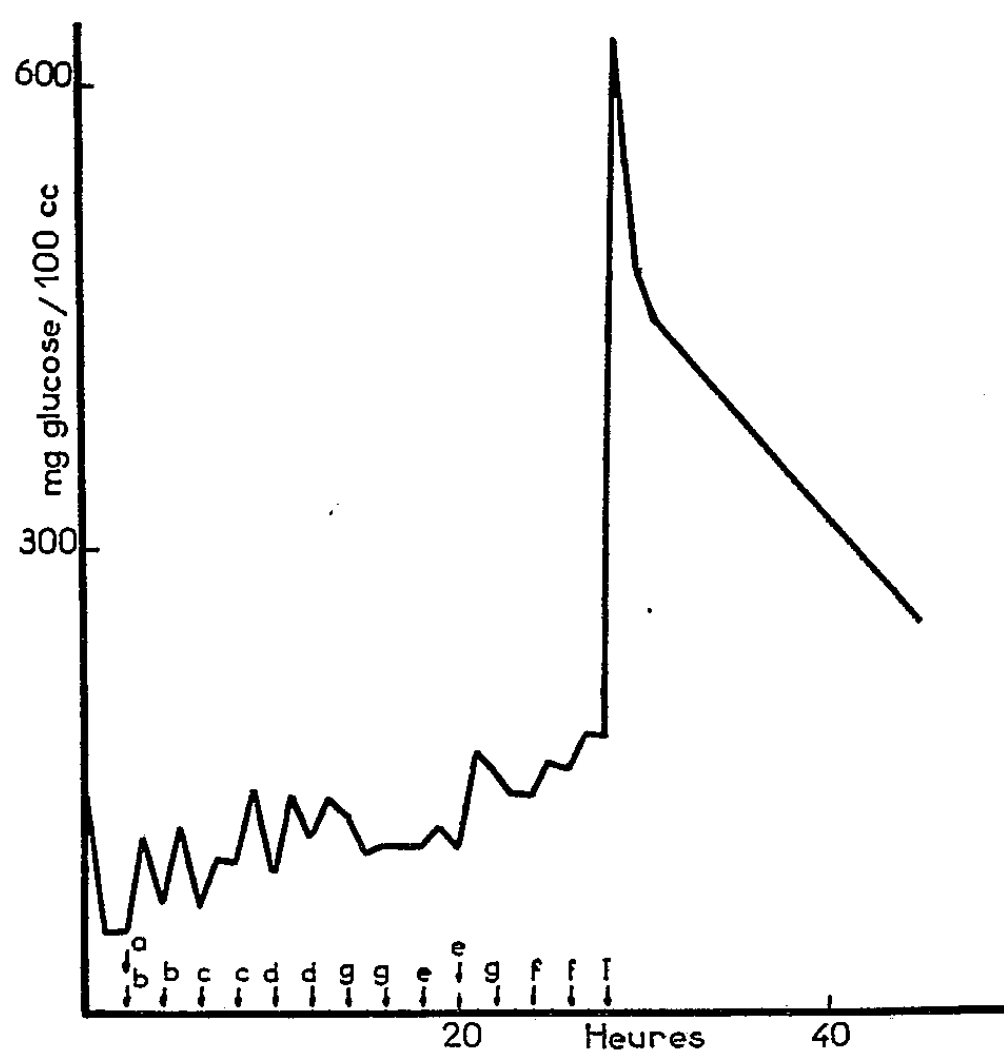


Fig. 2. — Canard nº 184. Maintien d'une glycémie normale par des injections progressivement décroissantes de glucagon. Chaque flèche représente une injection dont une des lettres suivantes indique la valeur (par kilogramme d'animal) : Glucagon : *a*. 10 γ IV; *b*. 200 γ IM; *c*. 100 γ IM; *d*. 50 γ IM; *e*. 35 γ IM; *f*. 30 γ IM; *g*. 25 γ IM. Glucose : 1,75 g IV.

heure pour faire une prise de sang et le dosage correspondant). Le glucagon est injecté par la voie intra-musculaire toutes les 2 h.

La figure 2 représente l'évolution de la glycémie du canard n° 184. On constate qu'il faut diminuer progressivement la dose de glucagon si l'on veut éviter l'hyperglycémie. De 200 γ toutes les 2 h, la dose nécessaire de glucagon passe à 25-30 γ au bout de 24 h. Le phénomène se poursuit : l'animal a été maintenu ensuite en hyperglycémie (jusqu'à 740 mg pour 100 cm^3) pendant une semaine avec deux à quatre injections de 25 γ par jour, à 4 h d'intervalle.

On pourrait donc maintenir la glycémie à la normale avec du glucagon, à condition de réduire progressivement les doses ([3]). Mais l'insuline reste évidemment indispensable : un test au glucose, pratiqué 27 h après l'opération, montre une réponse diabétique typique.

En conclusion, on peut corriger l'hypoglycémie du canard pancréatectomisé par le glucagon. Suivant les doses employées, on obtient une glycémie normale ou une hyperglycémie importante. Dans les deux cas, le canard pancréatectomisé est un animal diabétique; il reste donc à rechercher dans quelles conditions l'insuline, associée au glucagon, rétablit un métabolisme normal chez le Canard pancréatectomisé.

PHYSIOLOGIE. — *Méthode nouvelle de mesures fonctionnelles de l'appareil respiratoire*. Note de M. **Jacques Lacoste**, présentée par M. Léon Binet.

Dans une Note précédente ([1]) a été décrit un diagramme représentant les variations théoriques du gaz alvéolaire au cours du cycle respiratoire.

L'interprétation de ce schéma a permis d'écrire une équation qui traduit la dépendance du rendement des échanges, c_t pour le CO_2, vis-à-vis des diverses variables en jeu : volumes pulmonaires (F et M), air courant (I), taux maximum de CO_2 alvéolaire (c_d) et répartition de la diffusion au cours du cycle (K).

A côté de ce point de vue spéculatif, qui fait apparaître un *maximum* de rendement de la ventilation pour chaque individu, à chaque régime métabolique, et qui montre l'existence, dans certaines conditions, du maintien des mêmes constantes respiratoires devant *deux* régimes de ventilation et d'échanges différents, on peut tirer, de ce même diagramme, une nouvelle méthode de mesure indirecte des facteurs fonctionnels fondamentaux.

Méthode. — Pour atteindre ces variables, inaccessibles à la mesure directe, on part de l'équation dite « du gaz alvéolaire » ([2]) puis de l'équation de

([3]) Nos expériences ne nous ont pas encore fourni d'explication pour cette diminution des besoins en glucagon.

([1]) J. Lacoste, *Comptes rendus*, 241, 1955, p. 1503.

([2]) Dejours, *J. Physiol.* (*F*), 46, 1954, p. 679.

« ventilation-diffusion » [1] et de certaines mesures volumétriques et qualitatives (CO_2 dans le gaz expiré), mesures effectuées sur un, puis deux cycles respiratoires normaux, isolés ou moyens.

A. Sur un cycle, on mesure d'abord : I, volume inspiré; E, volume expiré, tous deux corrigés en température, pression et saturation de vapeur d'eau (B. T. P. S.), puis c_t, taux de CO_2 moyen du gaz expiré total. On calcule, pour ce cycle :

1° le quotient respiratoire, $R = c_t/[c_t - 1 + (1/E)]$;

2° la perte de CO_2, $P = Ec_t$;

3° le gain d'O_2, $G = P/R$.

B. On mesure : c_i, taux de CO_2 « fin d'inspiration », et c_e, taux de CO_2 « fin d'expiration ». Si $c_m = c_e + c_i/2$, on calcule :

4° le volume de l'espace mort, $M = E[1 - (c_t/c_m)]$ [3];

5° On peut alors atteindre c_d = taux maximum de CO_2 alvéolaire :

$$c_d = \frac{Ec_e - Mc_i}{E - M}, \qquad \text{d'où} \qquad o_d = o_a \frac{I}{E} - \frac{c_t}{R} \quad (^2).$$

On sait que

$$c_d \times (p_{\text{Barom}} - p_{H_2O} \text{ sat. à } 37^\circ \text{C}) = p_{CO_2} \text{ artérielle,}$$

et

$$o_d \times (p_{\text{Barom}} - p_{H_2O} \text{ sat. à } 37^\circ \text{C}) = p_{O_2} \text{ artérielle, moins le gradient.}$$

C. — On effectue ensuite les mêmes mesures sur un second cycle, qui doit différer du premier, par exemple par une inspiration I' un peu plus profonde. On peut ainsi calculer le rapport K (K = diffusion expiratoire/diffusion totale) :

6° $$K = \frac{c_d}{c_d - c_i}\,\frac{E' - E}{E - M} - \frac{c_d}{c'_d - c'_i}\,\frac{E' - E}{E' - M},$$

on suppose K, F et M constants.

7° Vient ensuite : F, volume alvéolaire fonctionnel mis en jeu au cours du cycle :

$$F = \frac{Kc_d}{c_d - c_i}(E - M) - E.$$

8° On aboutit enfin au rapport (Perte de CO_2 par ventilation/Perte de CO_2 totale) en % :

$$\frac{P_{\text{vent}}}{P} = \frac{c_d - \dfrac{c_d - c_i}{K}}{c_m}\,100,$$

et

$$\frac{\text{Perte de } CO_2 \text{ par diffusion}}{\text{Perte de } CO_2 \text{ totale}} = \frac{P_{\text{diff}}}{P} = 100 - \frac{P_{\text{vent}}}{P}.$$

---

(3) Bohr, *Skand. Arch. f. Physiol.*, 2, 1891, p. 236.

Technique. — On utilise pour les mesures volumétriques un montage classique, enregistreur, en circuit ouvert ([4]). Les déterminations qualitatives sont rendues possibles grâce à un analyseur rapide, à infrarouge, capable d'enregistrer les variations instantanées du taux de ce gaz au cours de l'expiration ([5]), ([6]).

Discussion. — La méthode proposée, fondée sur une représentation schématique, ne peut fournir que des résultats approchés, comme les autres méthodes de mesures indirectes, basées, elles aussi, sur un appareil respiratoire hypothétique, simplifié. Ces résultats apportent la notion d'organes normaux équivalents, schématiques, qui assureraient les mêmes échanges que ceux observés.

Toutefois, cette méthode introduit dans l'exploration fonctionnelle des éléments nouveaux :

— le sujet respire dans des conditions normales;

— l'air inspiré est normal : ni O_2 pur, ni gaz étranger;

— on ne fait pas appel à des méthodes de « rinçage » (clearance), dont l'allure exponentielle rend parfois les mesures imprécises;

— on obtient des résultats homogènes, les mesures étant effectuées simultanément, donc dans les mêmes conditions;

— ces résultats ne correspondent pas à des valeurs maxima ou statiques, mais à celles des facteurs *mis en jeu* au cours de la mesure. On peut ainsi évaluer les variations fonctionnelles entre divers niveaux métaboliques;

— on obtient enfin des renseignements nouveaux concernant les qualités respectives de la diffusion et de la ventilation.

PHYSIOLOGIE. — *Recherches sur la pression pulmonaire au cours des décompressions explosives.* Note (*) de M. **François Violette**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

Connaissant la loi de décompression pulmonaire à pression extérieure constante ([1]) et la loi de décompression de cabine ([2]), nous étudions ici la loi générale d'évolution de la pression pulmonaire en pression extérieure variable. Nous comparons ensuite les résultats expérimentaux aux données théoriques.

Lorsque la décompression de cabine est plus rapide que la décompression pulmonaire, il se produit à l'intérieur du poumon une augmentation de pression pulmonaire. Mais la surpression est différente suivant que l'expansion de la cage thoracique est immédiate ou retardée.

([4]) Donald et Christie, *Clin. Sc.*, 8, 1949, p. 21.
([5]) Luft, *Z. techn. Physik*, 24, 1943, p. 97.
([6]) Fowler, *Amer. J. Physiol.*, 155, 1948, p. 436.

(*) Séance du 28 novembre 1955.
([1]) *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 1735.
([2]) *Comptes rendus*, 241, 1955, p. 791.

Deux cas sont en effet possibles :

1° On peut supposer avec Sweeney et Gagge ([3]) et les auteurs allemands ([4]) que l'expansion pulmonaire est immédiate, totale et absorbe instantanément toute surpression. Dans cette hypothèse c'est seulement lorsque l'expansion est maximum qu'une surpression peut s'établir dans une cavité dont le volume ne peut plus augmenter. La valeur de la surpression pulmonaire est alors fonction de la position du poumon au moment de la décompression, l'expansion utile étant d'autant plus grande que le poumon est proche de la position d'expiration forcée.

2° Mais on peut aussi supposer que la cage thoracique présente une certaine inertie et que l'expansion du contenant n'absorbe qu'avec un certain retard la surpression intrapulmonaire. Une surpression transitoire et sans rapport avec celle qui peut être calculée dans l'hypothèse précédente doit être alors observée.

De ces deux hypothèses, laquelle est exacte et correspond aux faits ?

Seule l'étude des données expérimentales peut nous permettre de résoudre le problème. Or deux données sont à notre disposition :

a. L'ampliation thoraco abdominale fournie par l'ultracinématographie.

b. L'évolution de la pression intrapulmonaire étudiée à partir des tracés de pression artérielle pulmonaire dans les conditions déjà décrites ([1]).

L'ultracinématographie à 3000 images/s nous a montré que pour une décompression durant 20 ms, la cage thoracique reste immobile pendant un peu moins de 10 ms. Mais un tel renseignement est insuffisant ne donnant pas d'indications sur le jeu diaphragmatique.

Seule l'analyse des tracés de pression pulmonaire peut donc nous renseigner sur l'évolution du volume thoracique.

Nous avons ainsi été amenés à étudier la forme des tracés de pression pulmonaire au cours d'une décompression explosive et les lois de pression pulmonaire dans les diverses éventualités.

Deux d'entre elles sont particulièrement intéressantes : l'expansion sans résistance et l'expansion nulle.

a. Dans le cas d'un poumon qui se laisse dilater sans résistance la surpression est de toute évidence constamment nulle et le tracé est paralléle à l'axe des temps;

b. Dans le cas d'une expansion pulmonaire nulle au cours de la décompression de cabine nous avons pu montrer que la variation de pression pulmonaire absolue p_{abs} est :

$$\frac{dp_{abs}}{dt} = K_c \frac{A}{V} \sqrt{\frac{p_i}{\rho_i}} \sqrt{p_{abs}^2 - p_i}$$

([3]) *Feder. Proc.*, 5 part. 2, 1946, p. 31.

([4]) T. Benzinger, chapitre 4M in *German Air Science World War* II, Washington U. S. Government Printing Office, 1950.

(où p_{abs} représente la pression pulmonaire absolue instantanée; p_i = la pression de cabine instantanée; ρ_i = la masse spécifique du gaz pulmonaire à p_i; A/V = le coefficient de fuite pulmonaire (rapport de la surface de fuite trachéale au volume du poumon); K_c = coefficient de contraction de veine).

Nous avons résolu graphiquement cette équation non intégrable algébriquement par la méthode des isoclines en prenant comme conditions initiales $p_{abs} \equiv p_c$ (p_c étant la pression de cabine initiale). Nous avons pris pour A/V le coefficient de fuite trachéal moyen et pour K_c la valeur de 0,9 ([2]).

Nous avons ainsi vu qu'à volume pulmonaire fixe la surpression pulmonaire $p_{abs} - p_i$ est très sensiblement égale à $p_c - p_i$ pendant les dix premières millisecondes. On peut donc sans introduire d'erreur notable négliger l'écoulement trachéal durant cette période et considérer la cavité pulmonaire comme une cavité close.

Nous avons alors comparé les tracés expérimentaux aux deux cas théoriques : expansion sans résistance et expansion nulle. Cette comparaison effectuée sur 32 tracés, nous a montré qu'au cours de la décompression de cabine et dans un premier temps de $7,5 \pm 0,3$ ms, la pression pulmonaire varie suivant une loi correspondant au cas théorique d'expansion nulle. Pendant ce temps le poumon se comporte donc comme un récipient de volume invariable. C'est seulement après ce délai que l'expansion de la cavité thoracique se produit progressivement et que la courbe expérimentale s'écarte progressivement de la courbe théorique à volume constant.

Dans ces conditions, la mise en surpression du poumon est plus brutale que si l'expansion pulmonaire était à chaque instant immédiate et totale. Ce fait ignoré jusqu'à présent rend discutables toutes les formules de sécurité qui reposent sur l'hypothèse d'un poumon se laissant dilater à son volume maximum sans résistance ni retard.

NUTRITION. — *Influence du milieu nutritif sur la ponte de* Drosophila melanogaster. Note de M[me] **Maria Valadarès da Costa**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

L'adjonction de 10 % d'autolysat de levure au milieu de culture standard augmente considérablement le taux de ponte de + Oregon. Cet effet est plus intense lorsque les progéniteurs proviennent d'un milieu standard que s'ils ont été élevés sur milieu à l'autolysat de levure.

Le milieu standard (milieu A) que nous utilisons a la composition suivante : eau, 1000 cm^3; sucre, 128 g; farine de maïs, 100 g; agar-agar, 20 g. Il est réparti à raison de 100 cm^3 dans des flacons de 250 cm^3 ([1]) en plan oblique de

([1]) Biberons Pyrex à col large.

manière à augmenter la surface utile, puis ensemencé avec de la levure vivante selon la technique habituelle. Chaque flacon contenant six couples de mouches sauvages, de lignée Oregon génétiquement contrôlée, est maintenu à 25° pendant 4 jours. Après quoi on enlève les progéniteurs et l'on analyse la ponte lorsque les adultes sont éclos. Dans ces conditions, on obtient en moyenne 300 adultes par flacon, sans larves visibles ou pupes arrêtées dans leur éclosion. En utilisant la même technique avec le milieu standard enrichi par 10 % d'autolysat de levure (milieu B), on observe une augmentation considérable du taux de ponte et du nombre des adultes. Par flacon, les valeurs moyennes sont de 6 000 larves qui toutes n'arrivent pas à la pupaison et ne fournissent que 2 000 adultes environ. L'effet de surpopulation n'affecte ni la durée du cycle évolutif de ces adultes, ni le poids des larves ou des mouches. Bien au contraire, les adultes du milieu B ont un poids moyen supérieur à celui des mouches développées sur milieu A, soit 2 mg pour les ♀ et 0,9 pour les ♂.

L'autolysat de levure a donc une influence qui porte essentiellement sur le taux de ponte, mais se traduit également sur le nombre des adultes. Néanmoins, on note fréquemment un arrêt du cycle évolutif au stade pré-pupal. Celui-ci ne semble pas dû à une compétition des larves vis-à-vis d'un milieu nutritif insuffisant, mais à un simple encombrement qui limite la sortie des larves. C'est ainsi qu'on obtient un plus fort pourcentage d'éclosions si l'on crée des espaces libres en prélevant au fur et à mesure les pupes nouvellement formées. Nous rappelons, en effet, que notre technique n'utilise pas de rubans de papier et que, par là-même, la pupaison ne dispose que des aires représentées par la surface inclinée du milieu de culture et par les parois des flacons.

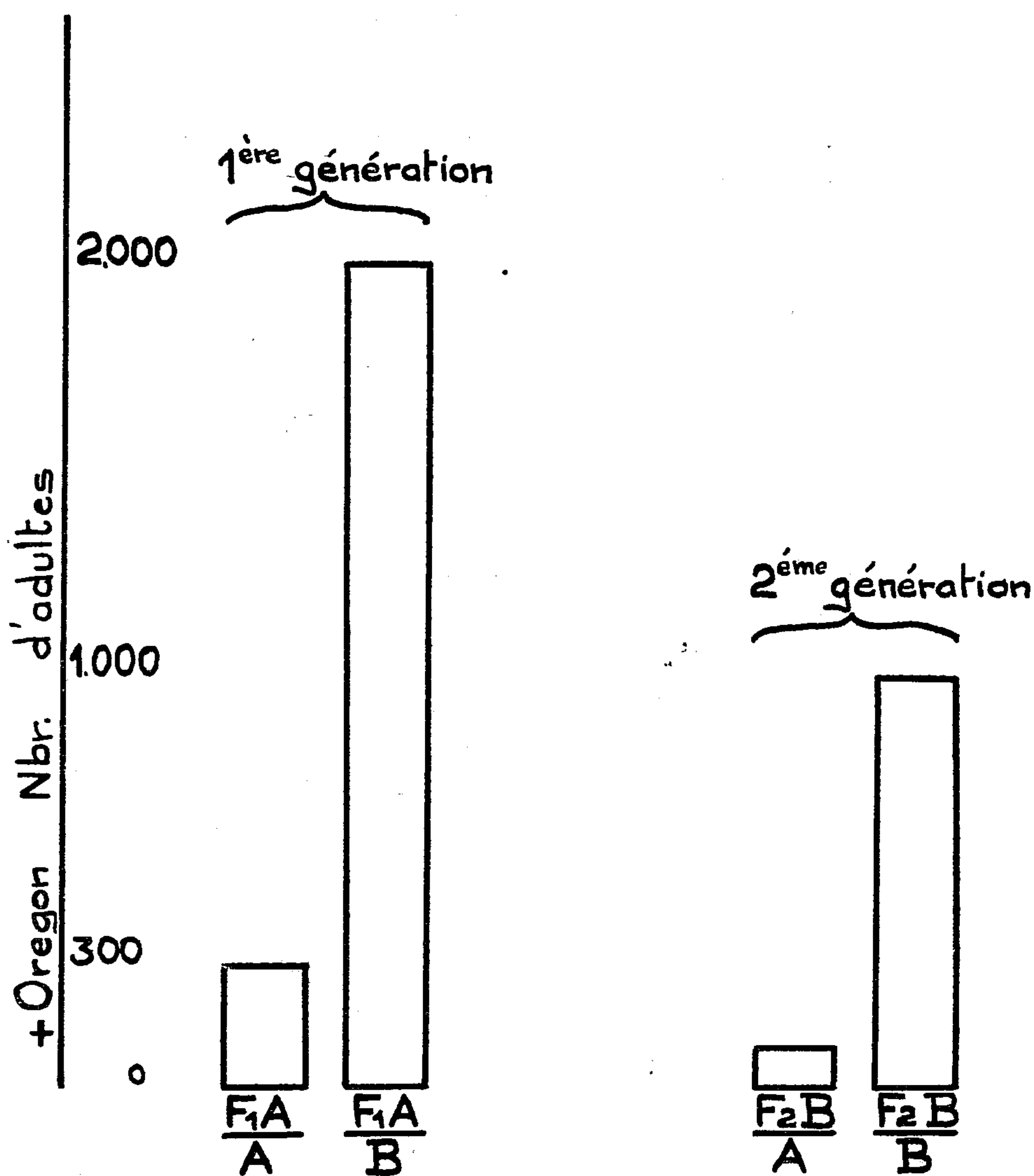
Il nous a semblé intéressant d'étudier le comportement de la descendance des mouches élevées sur milieu B à l'autolysat de levure. On opère comme précédemment : six couples de mouches provenant de culture sur milieu B sont mis à pondre pendant 4 jours, soit sur milieu standard (A), soit sur milieu à l'autolysat de levure (B). La comparaison entre les pontes des deux lots montre à nouveau l'effet stimulateur de l'autolysat de levure : on dénombre environ 1000 adultes dans le milieu B contre 100 dans le milieu A.

Cependant, le comportement de la deuxième génération est différent de celui de la première. La stimulation de la ponte provoquée par l'autolysat de levure se manifeste encore, mais moins intensivement : on n'obtient que 1 000 adultes contre 2 000 à la première génération, soit une réduction de 50 %. Le rapport est de même ordre de grandeur pour le nombre de larves retardées. Quant à la ponte sur milieu A standard, elle accuse également une diminution marquée par rapport aux cultures standard de contrôle, soit 100 adultes au lieu de 300.

L'ensemble des résultats se rapportant aux adultes est résumé dans le graphique suivant.

Le taux de ponte apparaît donc comme susceptible de varier considéra-

blement selon les conditions nutritionnelles. Bien que le cycle évolutif ne s'achève pas toujours et soit parfois arrêté à la pré-pupaison, les facteurs nutritionnels se traduisent également par un plus grand nombre d'adultes arrivés au complet développement. Dans ce cas, la durée du cycle est normale



A, milieu standard; B, milieu à l'autolysat de levure.
numérateur, milieu des progéniteurs, *dénominateur*, milieu de ponte.

et le poids des mouches tend à être supérieur à celui des témoins élevés sur milieu standard. Cependant, l'effet stimulateur de l'autolysat de levure est beaucoup plus marqué dans la première génération que dans la seconde. En outre, le fait d'élever des progéniteurs sur un milieu à l'autolysat de levure modifie les capacités de ponte de leur descendance lorsqu'on revient au milieu

standard de contrôle. Les facteurs nutritionnels ont donc une action immédiate sur le taux de ponte suivie d'autres effets qui se manifestent à la deuxième génération.

En outre, il faut noter que les milieux à autolysat de levure ne sauraient convenir au maintien des souches de Drosophiles en vue d'études génétiques, car ils entraînent par ailleurs des modifications complexes et durables ([2]).

ENTOMOLOGIE. — *Nouveaux cas de parthénogenèse chez les Éphéméroptères.* Note de M. **Charles Degrange**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

Présence de huit nouveaux cas de parthénogenèse venant s'ajouter aux deux précédemment décrits et se répartissant dans quatre familles d'Ephémères. Par comparaison avec la reproduction sexuée, des précisions sont apportées sur le mode de ponte, la durée du développement embryonnaire et le pourcentage d'éclosions.

Dans une Note précédente ([1]) nous avons signalé l'existence de deux cas de parthénogenèse chez les Éphémères : *Siphlonurus æstivalis* Etn. et *Centroptilum luteolum* (Müll.). Des recherches ultérieures nous ont montré l'existence de ce mode de reproduction chez les huit espèces suivantes : *Epeorus assimilis* Etn., *Ecdyonurus insignis* (Etn.), *Ecdyonurus fluminum* (Pict.), *Heptagenia lateralis* (Curt.), *Siphlonurus lacustris* Etn., *Bætis pumilus* (Burm.), *Cloeon simile* Etn. et *Leptophlebia vespertina* (L.).

Les pontes parthénogénétiques (provenant de femelles, issues de nymphes strictement isolées) ont été provoquées, dans la plupart des cas, par la méthode précédemment décrite. Celle-ci a été adaptée à chaque espèce : par exemple, la femelle de *Bætis pumilus* doit être placée à la surface de l'eau dans les heures qui suivent immédiatement la transformation en imago, tandis que pour *Centroptilum luteolum* il faut attendre 12 à 48 h après la dernière mue. La ponte peut être complète d'emblée (*Bætis pumilus*) ou s'effectuer en plusieurs émissions séparées par des intervalles de quelques heures ou de quelques jours (*Cloeon simile*). Nous avons fait la même constatation pour la reproduction sexuée de ces deux Éphémères.

Chez de nombreuses espèces l'expulsion des œufs est provoquée par le simple contact de l'eau avec la partie inférieure des derniers segments abdominaux. Le réflexe de ponte étant déclenché, celle-ci peut se poursuivre lorsqu'on retire l'animal du liquide. Nous avons pu obtenir de la même façon la déposition d'œufs à partir de femelles fécondées et ceci pourrait expliquer certains cas de pontes aberrantes sur des surfaces mouillées (Verrier). Mais contrairement à une hypothèse qui a été proposée,

([2]) M. Valadares da Costa et R. Jacquot, *Comptes rendus*, 236, 1953, p. 1916.

([1]) *Comptes rendus*, 239, 1954, p. 1082.

il ne semble exister aucun rapport entre parthénogenèse et pontes aberrantes. En effet chez *Ephemera danica* Müll., qui présente de telles pontes, nous avons constaté que les œufs émis par des femelles vierges ne donnaient lieu à aucun développement; par contre tous les imagos femelles capturés sur les lieux de pontes aberrantes déposaient des œufs dont l'évolution ultérieure prouvait qu'ils avaient été fécondés. Inversement certaines espèces (*Ecdyonurus insignis*), dont les œufs n'ont pu jusqu'ici être obtenus que par extraction, présentent un développement parthénogénétique.

Les cas de parthénogenèse que nous avons observés permettent de faire les remarques suivantes : Pour une même espèce la durée du développement embryonnaire est inégale et anormalement prolongée. C'est ainsi que chez *Cloeon simile* le développement des pontes fécondées demande 22 jours à une température moyenne de 12° et toutes les larves éclosent en 48 h; alors que dans ces mêmes conditions les éclosions ne commencent, dans les pontes parthénogénétiques, que 35 jours après la déposition des œufs et se poursuivent durant 5 semaines environ.

Les pourcentages d'éclosions des pontes parthénogénétiques semblent assez constants pour une espèce donnée mais sont très variables d'une espèce à l'autre. Atteignant 80 % chez *Bætis pumilus*, ils peuvent s'abaisser à 5 % chez *Ecdyonurus insignis*. Toutefois dans une même espèce, les pontes obtenues par émissions provoquées ont un pourcentage d'éclosions plus élevé que les pontes provenant d'extractions d'œufs (traumatismes, non maturité de certains œufs). Ces résultats expliqueraient en partie les faibles proportions d'éclosions de quelques *Ecdyonurus*.

Si parfois deux espèces voisines, *Siphlonurus æstivalis* et *Siphlonurus lacustris*, présentent un développement parthénogénétique dont la durée est de même ordre et les pourcentages d'éclosions voisins, par contre dans un même genre on peut trouver des espèces parthénogénétiques et des espèces constamment réfractaires (*Bætis*).

Des Éphémères qui ont plusieurs générations annuelles (*Bætis pumilus*, *Cloeon simile*, *Centroptilum luteolum*) peuvent présenter à chaque génération une parthénogenèse facultative avec sensiblement les mêmes pourcentages d'éclosions quelle que soit la période de l'année.

ENTOMOLOGIE. — *Évolution des testicules et diapause de* Melolontha melolontha *L.* Note de M. **Bernard Hurpin**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

La métamorphose du Hanneton commun (*Melolontha melolontha* L.) se produit en juillet-août, après deux ans de vie larvaire, dans la loge souterraine aménagée par le ver blanc. Dès sa naissance l'imago reste enfoui et ne sort de

terre qu'à la fin d'avril de l'année suivante, lorsque le sol s'est suffisamment réchauffé ([1]).

Dans cette période d'hibernation, on doit distinguer, selon la terminologie de Roubaud ([2]) une phase de « diapause vraie », indépendante des facteurs externes, d'une phase de « pseudodiapause » déterminée par des conditions défavorables du milieu ambiant (dans le cas présent, il s'agit de la température du sol qui reste inférieure à 11° C).

En ce qui concerne les femelles, nous avons montré ([3]) que l'élimination de la diapause correspond à un stade bien défini de développement des ovaires; elles deviennent susceptibles de réagir aux agents externes lorsque chacune des douze gaines ovariques présente cinq ovocytes, le plus âgé d'entre eux mesurant 1,4 mm de longueur et 0,8 mm de diamètre.

Nous avons suivi également l'évolution de l'appareil reproducteur chez les mâles depuis la sortie de l'insecte de la dépouille nymphale jusqu'à son envol préalimentaire. De même que pour les femelles, la fin de la diapause a été appréciée, en élevage au laboratoire, par la sortie de terre des insectes enfouis dans des pots à fleurs et par l'attaque de jeunes feuilles de chêne proposées comme nourriture.

Nous avons étudié pour les Hannetons de différents âges le volume des douze testicules, ainsi que le développement des deux glandes annexes et des deux vésicules séminales. Tous ces organes subissent des modifications au cours de la vie souterraine de l'imago : à la naissance les testicules sont volumineux tandis que les vésicules séminales et les glandes annexes sont très courtes et vides. Ces formations commencent à prendre forme et à se remplir de sécrétions (sperme dans les vésicules séminales, substance servant à diluer le sperme dans les glandes annexes) à partir du 15e jour à 20° C : l'insecte devient alors apte à l'accouplement.

Au moment de la sortie de terre, les testicules ont diminué de volume, vraisemblablement par suite de la migration des spermatozoïdes dans les voies génitales, alors que les glandes annexes et les vésicules séminales sont très gonflées (chez le Hanneton, les mitoses germinales sont terminées lorsqu'éclôt l'insecte parfait et les testicules ne renferment que des spermatozoïdes à l'exclusion de spermatogonies capables de subir la méiose et de renouveler la provision d'éléments sexuels mâles). Parallèlement, le corps adipeux qui était très abondant à l'éclosion de l'imago se trouve considérablement réduit à la fin de la période de diapause.

De tous ces phénomènes le plus mesurable et le mieux en rapport avec l'évolution de la diapause est la rétraction progressive des testicules. Pour

([1]) *An. Epiphyt.*, 1955 (sous presse).
([2]) *Comptes rendus*, 190, 1930, p. 324.
([3]) *Comptes rendus*, 237, 1953, p. 1789.

l'évaluer, nous avons mesuré leur volume par une méthode pycnométrique dans une solution isotonique. Les résultats obtenus, résumés dans le tableau suivant, montrent que l'élimination de la diapause correspond à un certain stade de contraction des testicules et que l'estimation du volume de ces organes permet d'apprécier la fin de la diapause chez le hanneton mâle.

Contraction des testicules pendant la diapause.

Age des hannetons.	Nombre d'insectes disséqués.	Volume d'un testicule (mm^3).		
		Maximum.	Minimum.	Moyen.
A la naissance	20	7,8	3,2	5,2
En cours de diapause dans la nature	12	3	1,6	2,3
Encore enterrés, juste avant la sortie	17	2,6	0,9	1,8
Sortis de terre	43	2,3	0,5	1,5
Insectes alimentés et accouplés	18	1,4	0,6	0,9

Des faits comparables ont été notés également par Parker et Thompson (4) pour des larves mâles de *Pyrausta nubilalis* Hubn. Ce nouvel exemple confirme que, dans certains cas de diapause imaginale, la fonction reproductrice n'est pas arrêtée; elle se trouve soumise à un rythme particulier, lié vraisemblablement au métabolisme caractéristique de l'asthénobiose.

BIOLOGIE. — *Sur l'inhibition de la régénération du cerveau de la Planaire* Polycelis nigra. Note de M. **Théodore Lender**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

On sait que la Planaire *Polycelis nigra* régénère facilement une tête après ablation de la région antérieure. La régénération débute vers le 3e ou le 4e jour (Lender, 1952) (1). Les expériences de Chewtschenko (1938) (2) sur *Planaria lugubris* et mes recherches sur *Polycelis nigra* ont montré qu'un greffon de région antérieure ne se différencie pas en tête après son implantation dans la région antérieure de la Planaire. Au contraire, le greffon prend souvent l'aspect d'une tête de Planaire, avec un cerveau régénéré, si on le transplante dans la région postérieure. La tête semble posséder le pouvoir d'inhiber la régénération du cerveau.

Pour contrôler cette hypothèse, j'ai élevé des *Polycelis nigra* en présence de broyats de têtes.

Des séries de quatre Planaires auxquelles on excise le cerveau sont élevées dans 10 cm^3 d'eau en présence d'un broyat brut de 20 têtes de

(4) *Ann. Ent. Soc. Amer.*, 20, n° 1, 1927, p. 10.

(1) T. Lender, *Bull. Biol. Fr. et Belg.*, 86, 1952, p. 140-215.

(2) Chewtschenko, *Biol. J.*, 7, 1938, p. 1013-1022.

Polycelis nigra. On renouvelle le broyat le 3e, 5e et 7e jour après l'excision de la masse cérébrale. Les Planaires témoins, opérées de la même manière, sont élevées dans l'eau sans adjonction de broyats. Les expériences durent 9 jours. La régénération du cerveau est contrôlée sur les coupes histologiques.

1. 25 *Polycelis nigra* ont été élevées en présence de broyats de têtes hachées. Le 9e jour de l'expérience 13 individus ne possèdent aucune trace de cerveau régénéré. Les 12 autres individus ont différencié du tissu nerveux sur une longueur respective de 30, 45, 50, 50, 70, 70, 70, 80, 100, 125, 150, 160 μ. Pour l'ensemble des 25 individus la longueur moyenne de cerveau régénéré est de 40 μ. La régénération des yeux a été normale (moyenne : 2,6 yeux par Planaire) ce qui est une conséquence de l'addition des broyats (Lender, 1954) (3).

2. 25 Planaires témoins ont été élevées en l'absence de broyats. Le 9e jour la régénération du cerveau et des yeux n'a pas encore commencé chez un individu. Les 24 autres Planaires possèdent un cerveau régénéré, long respectivement de 60, 60, 75, 80, 85, 85, 100, 100, 100, 100, 100, 110, 110, 125, 125, 125, 125, 150, 150, 150, 150, 150, 200 μ. La longueur moyenne du cerveau régénéré est de 109 μ pour ces 25 individus. La régénération des yeux a été normale (en moyenne 2 yeux par Planaire).

Si l'on compare ces deux types d'expériences on constate qu'en présence des broyats de têtes, la régénération du cerveau se fait beaucoup plus difficilement que dans les expériences témoins. La moitié des individus n'a pas régénéré de cerveau en présence de broyats de têtes tandis que, dans les conditions normales, un individu seulement n'a pas différencié de cerveau le 9e jour. Il semble donc que les broyats de tête inhibent la régénération du cerveau chez la Planaire *Polycelis nigra*.

A quoi est due cette inhibition ? On peut se demander si la Planaire, en présence des broyats, ne perd pas son pouvoir de régénération par suite d'une intoxication banale. Il n'en est rien puisque la régénération des yeux est normale. Les broyats de têtes paraissent exercer une inhibition spécifique sur la régénération du cerveau.

Pour le vérifier, j'ai refait l'expérience avec des broyats de 20 régions antérieures ou des broyats de 20 régions postérieures ayant sensiblement le même volume. Ces broyats ont été centrifugés à 10 000 t/mn pendant 20 mn et le liquide surnageant a été ajouté à l'eau d'élevage des Planaires. Les témoins ont été élevés en l'absence des broyats.

3. Le 9e jour les 10 témoins possèdent un cerveau régénéré normal long de 160 en moyenne. Les longueurs mesurées sont : 110, 120, 150, 160, 160, 170, 195, 200, 200, 205 μ.

---

(3) *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 1742.

4. Les 9 Planaires élevées en présence de broyats de queues ont régénéré un cerveau d'aspect normal long en moyenne de 115 μ (70, 95, 100, 105, 115, 120, 130, 145, 160 μ).

5. Sur les 11 Planaires élevées en présence de broyats de têtes, 2 individus ne présentent pas de trace de système nerveux. Les 9 autres individus possèdent un cerveau long de 45, 50, 70, 70, 70, 100, 100, 130 et 150 μ. La longueur moyenne du cerveau régénéré est de 71 μ pour les 11 individus.

Les quantités de tissu nerveux régénéré diffèrent donc nettement dans ces trois expériences. En présence d'extraits aqueux de régions caudales, le cerveau régénéré est moins long que chez les témoins élevés en l'absence d'extraits. Mais c'est en présence des extraits aqueux de têtes que l'inhibition de la régénération du cerveau est la plus forte. Il semble qu'il existe dans la Planaire une substance inhibitrice de la tête en concentration plus forte dans la région antérieure que dans la région caudale. Les phénomènes de dominance, mis en évidence par Child, exercés par la tête de l'hôte, seraient dus à la présence de substances élaborées par la région antérieure de la Planaire.

Conclusion. — Les broyats de tête de *Polycelis nigra* inhibent la régénération du cerveau. L'inhibition exercée par l'extrait de tête semble être spécifique, car, en présence de broyats de queues, l'inhibition de la régénération du cerveau est très faible.

BIOLOGIE. — *Sur la biologie de* Leptoneta microphthalma *Simon (Araignées Cavernicoles).* Note de Mme **Sylvie Deleurance**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

Nous avons élevé au laboratoire *Leptoneta microphthalma* Simon (1) récoltées dans la grotte de l'Espugne de Saleich (Haute-Garonne) en novembre 1954.

Ces araignées, installées dans les nids Janet adaptés aux Cavernicoles (2) furent nourries de jeunes Grillons.

Les résultats, après une année d'élevage nous permettent de dégager quelques données concernant la reproduction et le développement des jeunes.

Nous n'avons pas observé dans nos élevages de copulations entre les mâles (beaucoup moins fréquents) et les femelles récoltés dans la nature. La plupart de celles-ci étaient déjà fécondées avant leur entrée au laboratoire; elles ont pondu dès mars 1955 et pondent encore actuellement.

L'étude de la ponte (tableau I) conduit aux remarques suivantes :

---

(1) Détermination due à E. Dresco.

(2) S. Glaçon et Le Masne, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 1027.

TABLEAU I.

♀.	ω_1.	I.	ω_2.	I.	ω_3.	I.	ω_4.	I.	ω_5.
C	?	60	?	60	3	60	0	–	–
E	?	30	7	–	–	–	–	–	–
F	?	60	8	60	7	–	–	–	–
G	12	60	?	60	5	–	–	–	–
H	12	60	6	–	–	–	–	–	–
I	?	60	?	120	3	–	–	–	–
K	?	–	–	–	–	–	–	–	–
L	?	120	?	–	–	–	–	–	–
M	?	60	?	–	–	–	–	–	–
N	10	150	6	–	–	–	–	–	–
O	?	60	4	60	3	–	–	–	–
Q	8	60	8	30	10	70	3	–	–
R	8	60	?	40	6	60	6	30	5
U	?	60	?	–	–	–	–	–	–
X	?	130	8	30	9	30	6	60	4
Y	6	70	6	–	–	–	–	–	–

ω, nombre d'œufs dans chacun des cocons.
I, intervalles (à dix jours près) entre les pontes.

1° Elle a lieu toute l'année (donc absence de rythme saisonnier) et semble présenter une périodicité spécifique. L'intervalle entre deux pontes successives paraît s'établir à 60 jours. (Les intervalles de 120 à 150 jours pourraient correspondre à l'escamotage d'une ponte, ou, plus, vraisemblablement, à la destruction du cocon par la femelle.) On constate par ailleurs des variations entre individus et pour une même femelle. Observons l'existence de grandes variations dans la fécondité des sujets dont les causes exactes nous échappent actuellement; indiquons néanmoins que l'absence de mâles ne paraît pas jouer ([3]).

2° Le nombre d'œufs pondus chaque fois n'est pas fixe. Il diffère suivant les femelles et, pour une même femelle, il décroît en moyenne, au cours des pontes successives. Ce fait pourrait être en relation avec l'âge de la femelle.

Nous ne parlerons pas du cocon déjà connu (Fage) ([4]), à la fabrication duquel nous n'avons pu assister entièrement. Signalons simplement que la femelle l'abandonne; elle le dévore quelquefois. Au bout de 150 jours environ, les jeunes, après avoir mué pour la première fois, sortent du cocon par effraction. Des cocons de 100 jours d'âge, ouverts, nous ont montré les jeunes sortis de l'œuf, complètement immobiles, n'ayant pas encore effectué leur mue.

En ce qui concerne le développement post-embryonnaire nous ne savons encore rien de la croissance des tout jeunes stades qui s'élèvent sans grandes

([3]) A la différence de ce que nous pensons constater chez *Speonomus* (Bathysciinæ).
([4]) *Arch. de Zool. Exp.*, 71, 1931.

difficultés. Nous indiquons dans les tableaux II et II′ les données relatives aux mues des sujets recueillis dans la nature et élevés au laboratoire. Étant donné notre ignorance du moment de leur dernière mue, nos chiffres n'indiquent qu'une durée minima de l'intermue. Elle est considérable. D'après ces données, l'évolution post-embryonnaire de cette espèce exigerait au minimum trois ans.

TABLEAU II.

Jeunes.	Mue.
A	304
C	127 (*)
E	318
F	212
G	77
H	171
I	188

TABLEAU II′.

Mâles.	Mue prémaginale.	Mue imaginale.
B	85	?
D	281	?
J	?	85
K	?	202
L	?	177
M	?	342
N	?	288
O	?	273

Mue, Temps écoulé (jours) jusqu'à la mue observée.
(*) C a mué une deuxième fois 177 jours après.

Ces quelques observations biologiques sur *Leptoneta microphthalma* montrent que cette Araignée est profondément marquée par la vie cavernicole. Les modalités de sa ponte (petit nombre d'œufs, périodicité indépendante des saisons) et la lenteur du développement sont notamment des caractères cavernicoles que nous avons également reconnus chez les Coléoptères Bathysciines.

BIOLOGIE. — *Bases physiologiques de l'insémination artificielle chez la Truie.* Note de MM. **François Du Mesnil du Buisson** et **Louis Dauzier**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

La pratique de l'insémination artificielle s'explique en général par un désir d'amélioration du cheptel, mais aussi par la tranquillité qu'y trouve l'éleveur soustrait à la servitude inopinée, longue et onéreuse d'emmener ses reproductrices à un mâle parfois fort éloigné. C'est chez la Truie que cette servitude est maximum, par suite en particulier, de la rareté relative des Verrats. On peut s'étonner alors que chez cette espèce, l'insémination artificielle ne soit pas pratiquée. La bibliographie de cette question nous en donne la raison, puisque en dehors des succès rapportés en utilisant du sperme très peu dilué (1), (2), (3),

(1) V. K. Milovanov, *Probl. Zivotn.*, 4, 1932, p. 31.
(2) I. M. Rodin et V. I. Lipatov, *Probl. Zivotn.*, 9, 1935.
(3) S. Ito, T. Niwa et A. Kudo, *Jap. J. Zootech. Sci.*, 19, 1949, p. 113.

technique incompatible avec une extension pratique, la majorité des essais se révèlent finalement décevants, soit par le nombre de porcelets obtenus par portée, soit par la faible proportion des femelles pleines (4), (5).

En étudiant les conditions de fécondation chez la Truie, nous avons été frappés par la distension des cornes utérines aussitôt après l'accouplement et par la résorption très rapide du sperme qui les distend (6). Nous avons été amenés à penser que la bonne marche de la fécondation et de l'évolution des œufs pouvait être liée à la présence, dans l'utérus, d'un volume important de semence au moment de la fécondation.

Nous avons donc inséminé un nombre constant de spermatozoïdes (6.10^9), suspendus dans des volumes différents de dilueurs, qu'une étude préalable avait révélé comme permettant une bonne conservation *in vitro* (7), (8).

Que l'insémination soit effectuée avec 50 cm^3 (lot A) ou avec 250 cm^3 (lot B) de sperme dilué, le pourcentage d'œufs fécondés après 3 jours est le même dans les deux cas : 73,3 et 72,2 %.

Mais si l'on sacrifie les truies plus tardivement, on observe, dans le lot A, une diminution dans la proportion des truies pleines : 5 sur 9 au 15e jour, 1 sur 5 au 25e jour, alors que 82 % (14/17) des truies du lot B sont gestantes.

Polge (9) était arrivé en même temps que nous à l'hypothèse du rôle essentiel du volume de semence déposé dans l'utérus, pour qu'un développement fœtal correct se produise.

	Dilueur.	Nombre de truies inséminées.	supposées pleines à 3 mois.	parturiantes.
400 mg streptomycine, 240 mg pénicilline pour 100 cm^3	25 % de lait écrémé, chauffé 10 mn à 95° ; 75 % de solution aqueuse (CO_3HNA, 0,2 % glucose, 4 %) (8)	74	48	28
	35 % de jaune d'œuf ; 65 % de solution aqueuse de glycocolle à 3 % (7), (9)	41	26	23
	50 % de lait écrémé, chauffé 10 mn à 95 % ; 50 % de solution aqueuse de glycocolle à 3 %	30	21	14
		145	95 (65,5 %)	65 (44,8 %)

(4) R. Laurans et P. Mauléon, *B.T.I.*, 71, 1952, p. 403.
(5) A. B. Coronel, *Philipp J. Anim. Ind.*, 14, 1953, p. 227.
(6) F. Du Mesnil du Buisson et L. Dauzier, *Ann. Endocrin.*, 16, 1955, p. 413.
(7) A. Roy, *Vet. Rec.*, 67, 1955, p. 330.
(8) F. Du Mesnil du Buisson, *Ann. Zootechn.*, 1955 (sous presse).
(9) C. Polge (Communication personnelle).

En utilisant une dose de 250 cm^3 de sperme dilué, sur 145 truies appartenant à 112 éleveurs, nous avons pu obtenir un nombre de jeunes par portée de 9,1, identique à celui que procure la saillie naturelle.

La proportion des truies non revenues en chaleur, donc supposées pleines, à trois mois, est sensiblement égale à celle observée chez les vaches après insémination : 65,5 %, mais le tiers de ces animaux (30/95) se révèle finalement non gravide et le pourcentage moyen de mise-bas — portant sur le nombre total d'animaux — atteint seulement 44,8 %.

Comme dans la pratique la détection des chaleurs sans verrat boute-en-train est souvent délicate, il est possible que cette suspension de l'œstrus pendant trois mois ou plus, tienne à ce que l'insémination ait été effectuée chez ces animaux alors qu'ils n'étaient plus en rut. En effet nous avons pu constater que le sperme déposé dans l'utérus pendant la phase lutéinique, se résorbe mal, déclenchant souvent des métrites distendant l'utérus. En éliminant ces truies, traitées à contre-temps, la proportion de mise-bas par rapport au nombre de truies inséminées pendant l'œtrus s'élève à 56,5 %.

Notons enfin que la durée de conservation de la semence (dans une limite d'utilisation de 6 h), et le nombre de spermatozoïdes (toujours supérieur à $2,3.10^9$) n'affectent pas le taux de fécondité.

En résumé, le volume de semence déposé dans l'utérus paraît jouer un rôle physiologique fondamental pour l'évolution convenable de la gestation. En mettant en pratique cette observation, et en utilisant des dilueurs permettant une bonne conservation *in vitro*, on peut en inséminant pendant l'œstrus, obtenir un taux raisonnable de mise-bas, atteignant 56,5 % dans la pratique de l'élevage, ce qui autorise à proposer la vulgarisation de cette méthode, à condition que la détection des chaleurs soit correctement effectuée.

BIOLOGIE. — *Culture des tissus en dialyse.*

Note de M. **Jean Vieuchange**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

Une nouvelle méthode de culture des tissus en dialyse est décrite. Cette méthode assure de façon continue l'élimination de déchets dialysables et le renouvellement du milieu nutritif. Elle permet d'obtenir en même temps que la multiplication régulière des cellules, la conservation des caractères morphologiques initiaux de celles-ci. Elle se prête à de nombreuses applications, notamment en virologie.

Les diverses méthodes utilisées pour la culture des tissus *in vitro*, impliquent la nécessité de renouveler fréquemment le milieu nutritif.

Pour éviter ces changements de milieu, de nombreux auteurs ont tenté d'établir des dispositifs assurant une circulation continue du milieu nutritif : Burrows, 1912; Carrel, 1923, 1931; de Haan, 1928; Lindbergh, 1939. Mais ces dispositifs sont en général assez compliqués et de ce fait, ne permettent pas la répétition des essais et des comparaisons.

Depuis un an nous avons tenté de surmonter la difficulté en effectuant les cultures des tissus en dialyse. On sait que la dialyse a été utilisée par Metchnikoff, Roux et Taurelli Salimbeni, 1896, pour la mise en évidence de la toxine cholérique; par Nocard et Roux, 1898, pour la culture de l'agent de la pleuropneumonie; par C. Levaditi, 1906, pour la culture de divers spirilles; par Gildemeister et Neustat, 1934, pour la culture des germes microbiens et qu'elle a été associée par Borcila, 1936, à la méthode de Maitland et Rivers pour maintenir des fragments de tissus en survie et cultiver le virus aphteux.

Nous avons adapté la dialyse à la méthode de culture des tissus en tubes roulants, et mis au point un dispositif assurant la dialyse du milieu nutritif dans lequel sont placées les cultures.

Technique. — Une membrane de cellophane de porosité constante est solidement fixée à une des deux extrémités d'un petit cylindre de verre neutre, de 10 mm de diamètre et de 130 mm de long. Ce tube dialyseur est introduit dans un tube ordinaire de 17 mm de diamètre et de 180 mm de long (dimensions usuelles des tubes roulants). Après stérilisation à l'autoclave ouvert, on dispose la culture de tissus sur la paroi intérieure du tube interne, exactement comme on le ferait dans un tube roulant ordinaire. On ajoute le milieu nutritif choisi. La quantité de milieu nutritif est fonction du volume du tube intérieur. Nous avons adopté la quantité constante, de 1 ml. Dans les essais dont nous rapportons les résultats, on a placé le milieu nutritif choisi pour l'expérience, aussi bien à l'intérieur du tube dialyseur qu'à l'extérieur.

Dans les tubes à dialyse, les changements de milieu nutritif ont été effectués à des intervalles de temps variables selon les essais; dans plusieurs expériences et à plusieurs reprises pour la même expérience, ces délais ont atteint une durée de plus d'un mois. De plus, les liquides extérieurs étaient changés tous les 4 ou 5 jours. Tous nos essais ont comporté un groupe de cultures pratiquées dans des tubes ordinaires témoins dont le milieu était changé, en règle, en même temps que le milieu extérieur des tubes dialyseurs.

Résultats. — On observe dans ces conditions, tantôt une osmose positive, tantôt une osmose négative à l'intérieur du tube dialyseur. De plus, pour des changements de milieu effectués dans des délais suffisamment brefs (4 à 5 jours), le virage du milieu se produit à peu près au même moment dans les tubes dialyseurs et dans les tubes ordinaires; mais tandis que pour les tubes ordinaires, le changement du milieu nutritif permet seul d'assurer le réajustement de pH et la continuation de la culture, pour les tubes à dialyse, le changement du liquide extérieur suffit pour réajuster le pH et poursuivre la culture, sans qu'il soit nécessaire de changer le

milieu nutritif intérieur. En outre, la digestion du plasma qui est un des inconvénients de la culture en tubes roulants et qui nécessite des « replatrages » du plasma, est très réduite dans les tubes à dialyse par rapport aux tubes témoins.

Bien que nos observations aient porté sur un nombre limité de tissus (cerveau d'embryon de souris et poumon d'embryon de poulet), plusieurs points s'en dégagent concernant la morphologie et la prolifération des cellules.

1° Tandis qu'après un temps plus ou moins long selon les essais, les lésions de dégénérescence sont nombreuses dans les tubes ordinaires, dans les tubes dialyseurs, les cellules ne présentent pas la même proportion de granulations dégénératives, et ceci pour les divers types cellulaires cultivés.

2° Comparée aux cultures effectuées dans les tubes ordinaires, quel qu'ait été le rythme de remplacement du milieu nutritif, la nappe cellulaire observée dans les tubes dialyseurs, a toujours été plus fournie et plus régulière.

3° Nous avons observé, parallèlement à cette prolifération, le maintien prolongé des types cellulaires, notamment le maintien de cellules du type épithélial.

Les résultats obtenus avec la méthode de culture en dialyse peuvent sans doute s'expliquer par un double mécanisme; d'une part, l'élimination de déchets dialysables est assurée de façon continue jusqu'à ce qu'un équilibre s'établisse dans le système. Et d'autre part, on sait que certains facteurs des composants du milieu nutritif (notamment des extraits embryonnaires) sont dialysables : leur passage à travers la membrane de cellophane assure donc le renouvellement de ces facteurs dans le milieu nutritif.

Conclusions. — Une nouvelle méthode de culture des tissus en dialyse est décrite. Cette technique permet d'éviter les changements du milieu nutritif qui se trouve directement au contact de la culture de tissus, elle assure en effet, de façon continue, l'élimination des déchets et le renouvellement du milieu. On observe, dans les cultures de tissus en dialyse, une diminution appréciable de la dégénérescence des cellules et, en même temps que la multiplication régulière de celles-ci, la conservation de leurs caractères morphologiques et un retard de leur dédifférenciation structurale.

La technique que nous venons de décrire se prête à de nombreuses applications. Nous exposerons ultérieurement les résultats que nous avons obtenus, avec cette nouvelle méthode, dans le domaine de la virologie.

GÉNÉTIQUE. — *Sur la cataracte, associée ou non à d'autres malformations héréditaires chez la Souris.* Note de MM. **Nicolas Kobozieff**, **Marc-Adrien Dollfus** et Mme **Nathalie Pomriaskinsky-Kobozieff**, présentée par M. Maurice Caullery.

La cataracte, associée ou non à d'autres malformations (aniridie, ectopie lenticulaire, microphakie, etc.) se montre souvent héréditaire chez les animaux domestiques et de laboratoire. On l'a observée chez le Cheval : Erikson et Sanstedt (1938) (1), Hürst (1910) (2) et Weber (1947) (3); chez les Bovins : Detlefson et Yapp (1920) (4), Gilman (1948) (5) et Gregory Mead et Regan (1943) (6), Saunders et Fincher (1951) (7); chez le Lapin : Danforth (1914) (8), Létard (1935) (9), Nachtscheim et Gurich (1939) (10); chez le Chien : Formston (1945) (11), Malleval (1904) (12), Hippel (1930) (13), Metzquer (1933) (14); chez le Rat : Bourne et Grüneberg (1939) (15), Smith et Barrentine (1943) (16) et Castle et King (1948) (17). Cette affection oculaire, décrite chez les différentes espèces, s'est montrée, d'après ces auteurs, héréditaire, soit récessive, soit dominante, soit à mode de transmission plus complexe.

En ce qui concerne la Souris, la cataracte de nature héréditaire a été signalée à plusieurs reprises par Pearson (1924) (18), Strong (1932) (19) et Smelser et Salimann (1949) (20).

Enfin, nous-mêmes avons vu apparaître, le 26 janvier 1952, dans une

---

(1) *Svensk vet. Tidskr.*, 34, 1938, p. 11.
(2) *Verb. d. Naturf. Ver. in Brunn.*, 49, 1910, p. 192-213.
(3) *Schweitz. Arch. Tierheilk.*, 89, 1947, p. 397-405.
(4) *Amer. Nat.*, 54, 1920, p. 277.
(5) *Ontario Vet. Col. Rept.*, 1948-1949.
(6) *J. Hered.*, 34, 1943, p. 124.
(7) *Corn. Vet.*, 41, n° 4, octobre 1951.
(8) *Amer. J. Opht.*, 31, 1914, p. 161-162.
(9) *Bull. Acad. Vét. France*, 8, 1935, p. 608.
(10) *Z. f. Vererb. und Konst.*, 23, 1939, p. 463-483.
(11) *J. Comp. Path. and Ther.*, 54, 1945, p. 168.
(12) *Rec. Méd. Vét.*, 81, 1904, p. 360.
(13) *Arch. f. Opht.*, 124, 1930, p. 300-324.
(14) *Thèse Méd. Vét.*, Alfort, 1933.
(15) *J. Hered.*, 30, 1939, p. 131-136.
(16) *J. Hered.*, 34, 1943, p. 8-10.
(17) *Proc. nat. Acad. Sc. Wash.*, 34, 1948, p. 135-136.
(18) *Nature*, 114, 1924, p. 433.
(19) *Proc. VI Intern. Cong. Genetics*, 2, 1932, p. 195.
(20) *Amer. J. Opht.*, 32, 1949, p. 1703-1713.

portée (18 690) de 7 petits, dans la lignée R. A. P., deux mâles (95 856, 95 857) atteints de cataracte. Cette lignée constituée par nous en 1951 a toujours été maintenue dans une stricte consanguinité.

Pour vérifier si cette anomalie est héréditaire ou non, nous avons croisé un des mâles atteints (95 856) avec une femelle d'une autre lignée (96 742) (lignée MO également maintenue en stricte consanguinité depuis 1949), issue d'un couple atteint d'opacité de la cornée, mais dont toute la descendance, pendant 18 générations, avait une apparence normale). Ce croisement a fourni une portée normale, dont une femelle 98 748 a été croisée avec un mâle 98 381 issu du mâle 95 857 atteint de cataracte; ils ont donné 3 petits le 23 février 1953 (portée 19 523), dont un mâle 99 937 atteint de cataracte et deux femelles normales. C'est à partir de ce mâle que nous avons commencé l'étude génétique systématique de cette anomalie.

Une cataracte de l'œil gauche a été décelée chez le mâle en question au 43 ᵉjour; l'œil droit a été frappé plus tardivement vers le 93ᵉ jour.

Le mâle 99 937 a été croisé avec sept femelles normales de la lignée R III (lignée n'ayant jamais présenté aucune anomalie oculaire, constituée par Dobrovolskaïa-Zavadskaïa à l'Institut du Radium vers 1930 et maintenue depuis en stricte consanguinité).

N° d'expérience.	Parents. ♂.		Parents. ♀.	Génération.	Descendants. Anormaux. ♂.	♀.	Total.	Normaux. ♂.	♀.	Total.	Grand total.	% d'anormaux.
I........	6 An	×	14 N	F_1	–	–	–	33	35	68	68	0
II........	3 F_1N 4 An	× ×	2 An 18 F_1N	F_b	5	9	14	45	47	92	106	13,8
III.......	22 F_1N du I	×	32 F_1N du I	F_2	7	2	9	52	38	90	99	9,1
IV.......	7 An	×	9 An	–	16	11	27	16	13	29	56	48,2
TOTAL....	17 An 25 N	× ×	11 An 74 N	–	28	22	50	146	133	279	329	15,2

Abréviations figurant dans le tableau : An, souris atteintes de cataracte; N, souris normales; F_1N, souris de la première génération normales; F_b, croisement de retour; F_2, souris de la deuxième génération.

La première génération F_1 n'a donné que des sujets d'apparence normale.

Nous avons effectué au total quatre types de croisements (*voir* tableau).

1° $An \times N$ (R III); les An (anormaux) comprennent le mâle 99 937 et ses descendants anormaux de F_b et F_2.

2° $An \times F_1N$; les F_1N sont des sujets d'apparence normale issus du croisement précédent.

3° $F_1N \times F_1N$; sujets d'apparence normale issus du premier croisement.

4° $An \times An$; les deux progéniteurs sont atteints de cataracte.

Notre étude génétique a porté sur 449 individus au total, 4 types de croisements, 98 portées, 120 individus, soit 26,8 %, n'ont pas été pris en considération, car ils sont morts avant l'apparition de l'affection du cristallin.

Au total, nous avons pu utiliser 329 descendants, dont 50 individus atteints de cataracte pure ou associée, 15,2%.

Nous constatons qu'en F_1 la descendance est exclusivement normale; dans les trois autres types de croisements, elle se répartit en deux classes : *Anormaux* et *Normaux*. La fréquence des anormaux en F_b est de 13,8 %, en F_2 de 9,1 % et 48,2 % dans la descendance issue de parents anormaux. Le fait que la descendance en F_1 est indemne d'affection du cristallin plaide en faveur de l'hypothèse d'une anomalie récessive; le déficit d'anormaux dans les trois autres types de croisements prouve qu'il s'agit d'une récessivité incomplète.

L'affection oculaire ne semble pas liée au sexe. En effet, sur 50 sujets anormaux, nous trouvons 28 mâles et 22 femelles.

Pour ce qui est de la date d'apparition de l'anomalie, elle est très variable. Nous avons constaté qu'elle apparaît entre la 5e et la 26e semaine. La fréquence d'apparition pendant le 1er trimestre de vie est sensiblement plus élevée que dans le 2e trimestre (77,1 % contre 22,9 %). Plus particulièrement entre la 5e et la 9e semaine (60,4 % des cas). Il semble que les mâles soient atteints plus précocement; ainsi, au cours du 1er trimestre de vie, on a vu 85,1 % de mâles atteints contre 66,6 % de femelles.

En ce qui concerne la localisation, nous avons constaté qu'au moment de l'apparition de l'anomalie, elle est tantôt bilatérale, tantôt unilatérale, gauche ou droite. Les anomalies unilatérales gauches prédominent (25 cas); puis les unilatérales droites (17 cas); enfin les bilatérales, 8 cas seulement. Vers la fin de la vie, le nombre de cas d'anomalies bilatérales augmente — les proportions sont différentes : unilatérales gauches, 18 cas; unilatérales droites, 15 cas; bilatérales, 17 cas.

Cette affection, observée à l'œil nu, semblait présenter les mêmes caractéristiques chez les différents sujets atteints. Cependant une étude plus approfondie, à l'aide d'une lampe à fente et d'un biomicroscope, a permis de déceler certaines particularités. Dans la majorité des cas, il s'agit de cataracte corticale ou nucléaire pure, complète ou incomplète, suivant l'époque de l'examen. Dans des cas plus rares, elle s'accompagne d'aniridie et de malformations cornéennes.

En définitive, nous sommes en présence d'une malformation du cristallin récessive, à récessivité incomplète non liée au sexe, dont l'apparition, dans la majorité des cas, est assez précoce.

Dans aucune des autres lignées entretenues dans notre laboratoire, nous n'avons jamais vu apparaître de malformations oculaires analogues; ce qui permet d'écarter l'hypothèse de l'influence de facteurs exogènes.

PHYSIQUE PHYSIOLOGIQUE. — *De l'enregistrement simultané de la mobilité diaphragmatique et de la mobilité médiastinale par la cinédensigraphie en rayonnement X.* Note de M. **Maurice Marchal** et Mme **Marie-Thérèse Marchal**, présentée par M. René Leriche.

Nous référant à nos récentes publications (1) nous rappelons que la cinédensigraphie consiste à enregistrer au moyen de cellules photoélectriques à multiplicateurs d'électrons, la cinétique et les variations de densité du parenchyme pulmonaire en rayonnement X.

Le sujet est placé derrière l'écran radioscopique et deux cellules photoélectriques blindées munies de fentes sont centrées au moyen de l'écran radioscopique sur la région pulmonaire que l'on désire enregistrer.

Nous avons appliqué cette méthode à l'enregistrement simultané des deux hémidiaphragmes et à l'enregistrement simultané d'un diaphragme et de la mobilité du bord médiastinal du même côté.

1. *Enregistrement simultané des deux diaphragmes.* — La fente de la cellule photoélectrique est placée perpendiculairement à la tangente à la coupole diaphragmatique à gauche et à droite. On demande au malade de respirer normalement et l'on enregistre ainsi par les variations de luminosité recueillies par la cellule, la mobilité des diaphragmes. Habituellement on obtient une précession d'un diaphragme sur l'autre; dans nos expériences, la contraction du diaphragme droit précède le plus habituellement celle du diaphragme gauche.

Cette précession est de l'ordre de 8/100e de seconde chez le sujet normal mais on peut aussi avoir des phénomènes inverses avec précession gauche.

La contractilité diaphragmatique dépend non seulement de l'état du diaphragme et de son innervation mais aussi de l'état du parenchyme pulmonaire sus-diaphragmatique et de l'état de la plèvre diaphragmatique. En principe, on enregistre la partie médiane de la coupole mais les différentes zones du diaphragme peuvent être enregistrées simultanément ou successivement et l'on peut constater des types variés de contraction diaphragmatique chez les sujets normaux. Notons enfin, que les émotions de toute nature peuvent influencer nettement l'aspect de la courbe diaphragmatique.

2. *Enregistrement simultané des diaphragmes et des côtes.* — Une cellule est placée sur le diaphragme, l'autre cellule est placée sur l'ombre de la

(1) *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 2560; 240, 1955, p. 1728.

paroi thoracique latérale ou sur l'ombre d'une côte antérieure, la mobilité costale, ses variations et le diaphragme peuvent ainsi être enregistrés simultanément.

3. *Enregistrement simultané de la mobilité diaphragmatique et de la mobilité médiastinale.* — Nous plaçons une cellule sur la coupole diaphragmatique et une deuxième cellule sur le bord médiastinal du même côté du diaphragme, par exemple, pour la coupole droite, sur le bord médiastinal droit. La cellule peut être placée, soit dans la région supérieure du médiastin, soit sur le bord de l'aorte ascendante, soit dans sa région inférieure, sur le bord de l'oreillette droite, puis on fait respirer le sujet. Il est préférable de demander au malade de faire de grands mouvements respiratoires. On obtient chez tous les sujets normaux, une mobilité diaphragmatique et médiastinale *en phase* alors que de grandes variations sont visibles dans les différentes maladies pulmonaires, en particulier lorsqu'il y a une sclérose rétractile du parenchyme on peut observer des mouvements médiastinaux paradoxaux mais l'exploration qui nous paraît la plus utile est la recherche d'une sténose bronchique.

On a depuis longtemps observé un balancement médiastinal anormal dans les cas de sténose massive d'une grosse bronche. Ce balancement médiastinal inspiratoire peut être facilement vu à l'écran radioscopique par le radiologue mais s'il existe une sténose sur les petites bronches de deuxième ou de troisième ordre, la mobilité anormale est bien plus difficile, sinon impossible à déceler en radioscopie. Dans ce cas, la cinédensigraphie peut être d'une grande utilité, en nous montrant des mouvements *en opposition de phase* du bord médiastinal avec ceux du diaphragme du côté homologue.

Dans les sténoses des petites bronches, il y a également lieu de rechercher la mobilité anormale du parenchyme pulmonaire comparativement avec la mobilité diaphragmatique.

Une exploration à plusieurs cellules est possible avec, par exemple, deux cellules placées sur les deux coupoles diaphragmatiques, deux cellules placées sur les bords médiastinaux gauches et droits et deux cellules placées sur les bords des côtes thoraciques.

La confrontation des différentes courbes enregistrées simultanément peut nous donner la clé de nombreux problèmes diagnostiques qui ne sont habituellement résolubles que par la bronchoscopie et l'injection lipiodolée intrabronchique.

La cinédensigraphie a l'avantage de ne nécessiter aucune intervention pénible et peut être facilement répétée sans aucun danger puisqu'il s'agit pour le malade d'une simple séance de radioscopie.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Importance du manganèse comme oligoélément dans l'utilisation de l'acide citrique par l'*Aspergillus niger. Note de MM. **Didier Bertrand** et **André De Wolf**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Parmi ses fonctions, le manganèse joue d'une façon spécifique un rôle essentiel dans l'utilisation de l'acide citrique par l'*Aspergillus niger*.

En continuation logique de ses premières recherches de 1894 sur le rôle biologique du manganèse, Gabriel Bertrand avait pu démontrer dès 1912 que ce métal ([1]) était indispensable à la croissance de l'*Aspergillus niger,* ceci à des concentrations très faibles puisque l'addition de 0,1 μg suffisait déjà pour faire passer le poids sec des cultures, sur milieux purifiés, de 0,68 à 1,11 g/l. Il avait en outre démontré que les spores n'apparaissent qu'à partir d'une certaine concentration en manganèse supérieure à celle qui suffit au développement du mycélium ([2]). Cette dissociation spectaculaire dans les effets de cet oligoélément, en fonction de sa concentration dans le milieu, permettait de penser qu'il serait peut-être possible de mettre chimiquement en évidence l'un de ses rôles.

Notre but étant l'étude d'un métabolisme normal, nous avons utilisé une souche d'origine sauvage, conservée sur milieu gélosé [souche I. P. déjà employée pour d'autres recherches ([3])], cultivée en milieu liquide non agité. Après avoir recherché systématiquement les conditions les plus favorables pour obtenir une culture qui puisse être considérée comme « normale » tant par le rendement en poids sec que par l'aspect morphologique des cultures, nous avons adopté un milieu de R. Steinberg ([4]), déjà employé par nous ([3]), dont la composition semble correspondre à l'optimum de concentration pour chaque constituant minéral : saccharose, 50 g; nitrate de sodium, 4,06 g; phosphate bipotassique, 0,35 g; sulfate de magnésium à $7 H_2O$, 0,25 g; auxquels on ajoute : fer, 0,2 mg; zinc, 0,2 mg; cuivre, 0,05 mg; manganèse, 0,025 mg; et molybdène, 0,02 mg; eau pour 1 l. Les autres oligoéléments éventuellement nécessaires sont en quantité suffisante dans les sels utilisés pour qu'il soit inutile d'en rajouter. pH après stérilisation 6,5. L'eau utilisée, après purification préalable à l'aide d'un appareil à échangeurs d'ions (résistivité 20 MΩ) est distillée dans un appareil en silice transparente et recueillie dans des récipients en polystyrène. Les cultures sont faites à 34° dans des fioles

---

([1]) *Comptes rendus*, 154, 1912, p. 616; *Bull. Soc. Chim.*, 11, 1912, p. 400.

([2]) G. Bertrand, *Comptes rendus*, 154, 1912, p. 381.

([3]) D. Bertrand, *Comptes rendus*, 239, 1954, p. 1704; D. Bertrand et A. De Wolf, *ibid.*, 240, 1955, p. 1626.

([4]) *J. Agr. Res.*, 55, 1937, p. 891.

en silice transparente avec 20 ml de milieu, après ensemencement avec environ 100 000 spores. Sans addition de manganèse, il reste 7 µg de ce métal par litre de milieu, ce qui permet une récolte à peu près du même poids que les témoins obtenus sur milieu complet, mais ne donnant que peu de spores.

Si l'on suit le développement, on constate que les poids des cultures carencées en manganèse croissent moins vite que ceux des témoins, pour finalement rattraper et même dépasser légèrement ceux-ci un peu après le 5ᵉ jour (*fig.* 1). D'autre part, l'acidité du milieu est plus forte au 5ᵉ jour pour les cultures carencées que pour les cultures « normales ». La chromatographie sur papier suivant Munier et al. ([5]) ne montre pas d'autres acides que les acides citrique (ou isocitrique) et oxalique. Comme l'analyse ne décèle pas d'acides volatils, non révélables par la technique chromatographique, on peut dire que les acides citrique (ou isocitrique) et oxalique sont, quantitativement, les principaux acides organiques libérés dans le milieu.

Récemment, C. V. Ramakrishnan ([6]) ayant montré que tous les enzymes du cycle de Krebs existaient dans l'*Asperg. niger*, il était intéressant de suivre, en fonction du temps et de la concentration en manganèse, les variations de l'acide citrique synthétisé, car on peut penser que celles-ci sont le reflet de l'activité des enzymes de ce cycle si essentiel. S. Ochoa et al. ([7]), entre autres, avaient bien montré que le manganèse jouait un rôle important comme métal activateur de beaucoup de systèmes enzymatiques (d'origine animale) du cycle de Krebs (l'aconitase n'a pas été étudiée à ce point de vue). Mais en fait, ce rôle n'est pas spécifique, le magnésium pouvant le remplacer. D'autre part, dans tous les cas publiés, il s'agit de concentrations en manganèse très fortes. P. Shu et J. Johnson ([8]), dans des conditions très éloignées de la normale (souche sélectionnée comme productrice d'acide citrique, milieu très riche en saccharose, très acide, fortement agité), ont observé que la production d'acide citrique était diminuée si l'on ajoutait du manganèse au milieu, observation en contradiction avec celles de Waksman et al. ([9]) (avec *Asper. wentii*). Mais comme ces auteurs n'ont pas fait de dosage du manganèse restant dans le milieu et qu'ils utilisaient des récipients de Pyrex qui, nous l'avons constaté, contient du manganèse et en cède au milieu (conformément à la démonstration déjà donnée en 1912 par Gabriel Bertrand pour d'autres verres), il est difficile d'en tirer une conclusion nette.

Nous avons dosé l'acide citrique suivant Perlman et al. ([10]) ou par la

---

([5]) R. I. CHEFTEL, R. MUNIER et M. MACHEBOEUF, *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 34, 1952, p. 380.
([6]) *Enzymologia*, 17, 1954, p. 169.
([7]) *Voir* MC ELROY et A. NASON, *Annual Review of Plant Physiology*, 1954, p. 1.
([8]) *Ind. Eng. Chim.*, 40, 1948, p. 1202.
([9]) O. KAROW et S. WAKSMAN, *Ind. Eng. Chim.*, 39, 1947, p. 821.
([10]) D. PERLMAN, H. A. LARDY et M. J. JOHNSON, *Ind. Eng. Chem. Anal. Ed.*, 16, 1944, p. 515.

technique de Pincus et al. ([11]) et surtout par celle de N. Saffran et D. Denstedt ([12]), qui permet aussi le dosage de l'acide aconitique. Dans ces conditions, nous avons régulièrement observé que dans les milieux carencés en manganèse, le taux de l'acide citrique, après être resté un peu inférieur

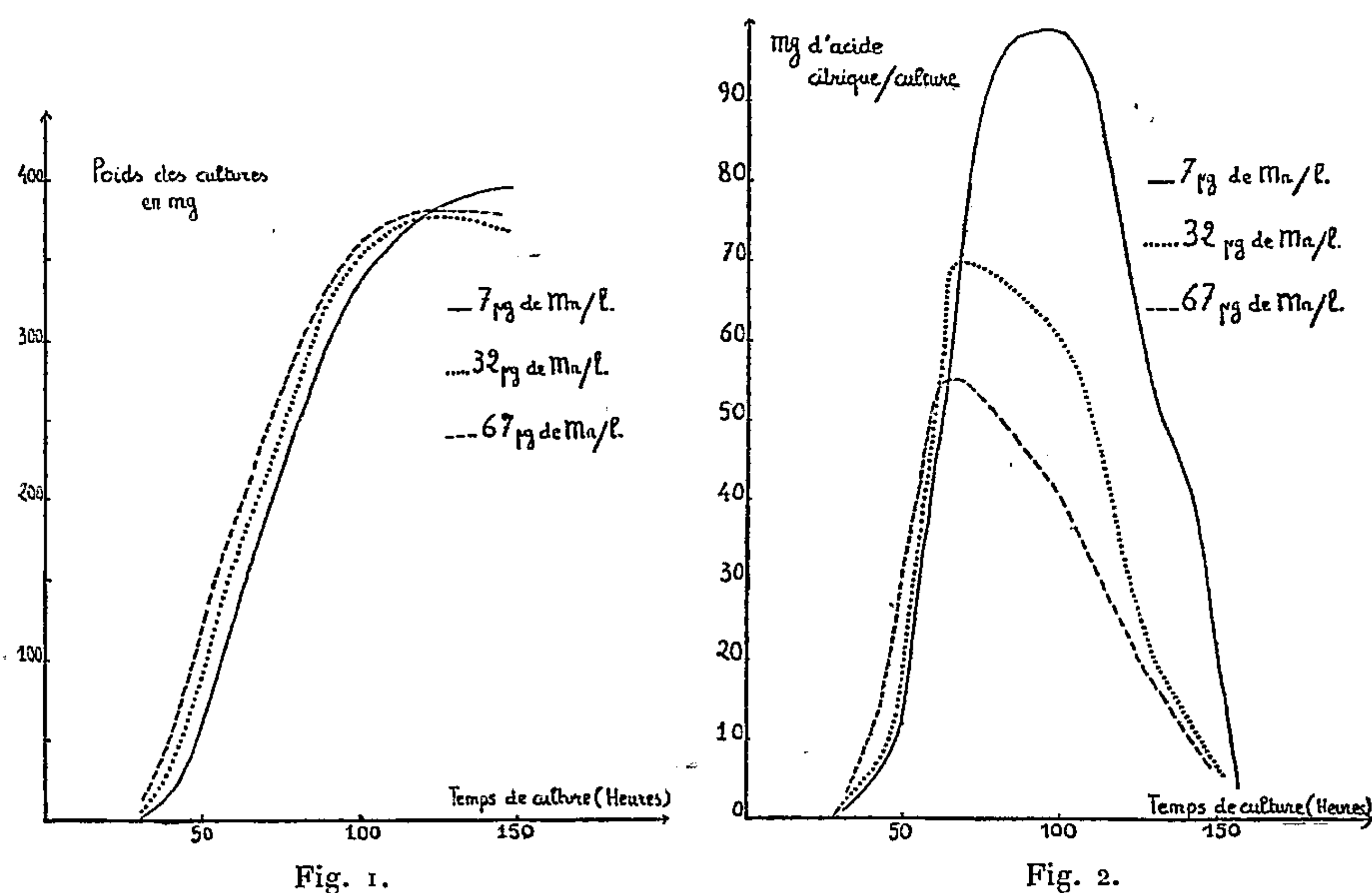


Fig. 1. Fig. 2.

à celui qu'il atteint dans les milieux témoins, continue à croître après la 70e heure, contrairement à ce qui se passe pour ces derniers, atteint son maximum vers la 90-100e heure, puis décroît et disparaît vers la 160e heure comme dans les milieux non carencés (*fig.* 2) ([13]). Comme cet acide est métabolisé et qu'il s'en est accumulé dans le liquide plus que pour une teneur « normale » en manganèse, il n'est pas étonnant que le mycélium puisse peser finalement un peu plus que le mycélium témoin. Si le manganèse intervient bien dans l'utilisation de l'acide citrique, un léger excès de ce métal dans le milieu doit provoquer une croissance plus rapide et une diminution du taux d'acide citrique dans le liquide. C'est bien ce qui arrive (*fig.* 1 et 2) ([14]). Comme le temps de culture correspondant à la teneur maximale en acide aconitique n'est pas modifié par les variations de teneur en manganèse étudiées, on peut interpréter facilement ces faits en admettant que parmi ses fonctions, *le manganèse joue un rôle essentiel dans l'utilisation de l'acide citrique*, soit

---

([11]) S. Natelson, J. B. Pincus et J. K. Lugovoy, *J. Biol. Chem.*, 175, 1948, p. 745.

([12]) *J. Biol. Chem.*, 175, 1948, p. 849.

([13]) Les figures 1 et 2 sont données à titre d'exemple, les autres expériences étant analogues.

([14]) Les trois cultures sont faites ensemble, pour éliminer les erreurs dues aux variations de température et à partir d'un même milieu de base pour éliminer les variations de composition.

comme constituant de l'aconitase, soit en intervenant dans sa synthèse. Ceci d'une façon spécifique, les autres éléments étant présents en quantité très supérieure au manganèse et ne le remplaçant pas.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur la présence de l'acide* 3.5.3'-*triiodothyroacétique dans le rein de rats après administration de* 3.5.3'. L-*triiodothyronine*. Note de MM. **Jean Roche, Raymond Michel, Pierre Jouan** et **Walter Wolf** (1), présentée par M. Gabriel Bertrand.

L'acide 3.5.3'-triiodothyroacétique (TRITA) possède certaines propriétés des hormones thyroïdiennes (2), mais son action sur la consommation d'O_2 de coupes de rein serait immédiate (3), (4). Sa présence dans les tissus n'a pas été établie jusqu'ici. Nous avons recherché ce corps dans le rein de rats traités par la 3.5.3'.L-triiodothyronine (TRITh), produit que l'on peut considérer comme un dérivé métabolique de celle-ci.

Des lots de trois rats ♂ (180 g) thyroïdectomisés depuis 15 jours, ayant reçu chacun par voie intrapéritonéale 0,25 µg de TRITh marquée en 3' par 50 µC de ^{131}I (5) ont été sacrifiés 4 h après. Les reins (3,75 g) sont immédiatement congelés et broyés avec de la neige carbonique, jusqu'à obtention d'une poudre fine que l'on reprend par 25 ml NH_4OH à 1 %. Les extraits rénaux, renfermant environ 2 % de la radioactivité totale administrée, sont lyophilisés et le lyophilisat est traité 5 fois par 10 ml d'un mélange éthéroalcoolique (95 % d'éther dépéroxydé et 5 % d'éthanol absolu). Moins de 1 % de la radioactivité passe dans la phase éthérée organique. Le résidu sec délipidé est repris par 2 ml d'eau, puis dissous par addition, goutte à goutte, de 1 ml de NH_4OH N/2. Les protéines précipitées par 7,5 ml d'éthanol à 95° sont éliminées par centrifugation. Le liquide surnageant est séparé et une deuxième extraction est réalisée sur le culot dans les mêmes conditions.

La solution ammoniacale (18 ml) renferme 85 % de la radioactivité concentrée par le rein. On lui ajoute 18 ml CCl_3H puis 6 ml NH_4OH 2 N. Après centrifugation, on prélève la couche supérieure, tandis que l'inférieure est extraite deux autres fois par 6 ml NH_4OH 2 N. 80 % de la radioactivité initiale sont récupérés. L'ensemble de ces manipulations est réalisé à 0° C et sous atmosphère d'acide carbonique pour éviter toute désioduration. Les extraits ammoniacaux sont évaporés à pression réduite et sous azote jusqu'à 2 ml environ et la solution concentrée obtenue est déposée sur une bande de papier filtre Whatman n° 1 et éluée par du *n*-butanol saturé d'eau. Les pigments présents

(1) Avec l'assistance technique de Mme D. Cousseran.

(2) R. Pitt-Rivers, *Lancet*, 265, 1953 p. 234.

(3) R. Pitt-Rivers et O. Thibault, *Comptes rendus*, 240, 1955, p. 668.

(4) O. Thibault et R. Pitt-Rivers, *C. R. Soc. Biol.*, 149, 1955, p. 880.

(5) J. Roche, R. Michel, P. Jouan et W. Wolf, *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 37, 1955, p. 819.

sont retenus sur le papier et l'éluat renferme pratiquement la totalité de la radioactivité.

Une partie aliquote est analysée par chromatographie bidimensionnelle, en utilisant dans la première dimension du *n*-butanol saturé par NH_4OH 2 N et dans la seconde du pentanol tertiaire saturé par NH_4OH 2 N. Quatre taches

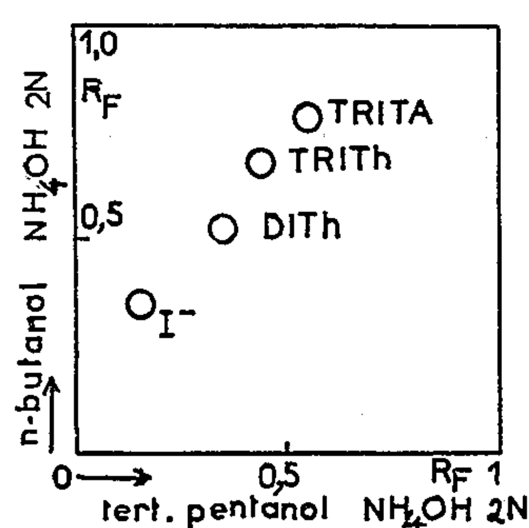
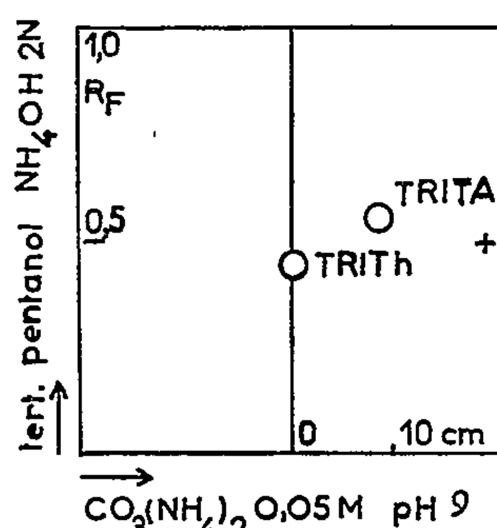


Fig. 1.



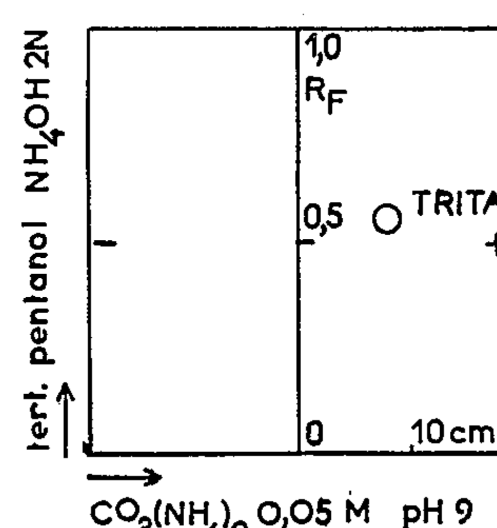


Fig. 2.

Fig. 1. — Chromatogramme bidimensionnel d'extrait rénal de rats traités par 0,25 μg de TRITh : I^- = iodure; DITh = 3.3'-diiodothyrorine; TRITh = 3.5.3'-triiodothyronine; TRITA = acide 3.5.3'-triiodothyroacétique.

Fig. 2. — *a*. Chromatoélectrophorégramme de la bande A correspondant à TRITh; *b*. Chromatoélectrophorégramme de la bande B correspondant à TRITA. Dimension 1 : Chromatogramme en pentanol tertiaire saturé de NH_4OH 2 N. Dimension 2 : Électrophorèse en tampon $CO_3(NH_4)_2$ 0,05 M, pH 9.

radioactives distinctes ont été repérées (*fig.* 1) elles sont confondues avec celles d'I^-, de la 3.3'-diiodothyronine (DITh), de TRITh et de TRITA témoins. Leur intensité relative correspondante est de 2, 3, 85 et 10 %. Pour confirmer l'existence de TRITA, une purification préalable de l'extrait total restant est effectuée par chromatographie préparative en *n*-butanol saturé par NH_4OH 2 N. Après développement, deux bandes A et B, de R_F 0,65 (TRITh) et 0,75 (TRITA) sont découpées et éluées par du *n*-butanol saturé d'eau.

Ces deux éluats sont analysés séparément par chromatographie sur papier dans une direction avec le pentanol tertiaire saturé de NH_4OH 2 N comme solvant, suivie d'une électrophorèse dans la seconde. L'ionophorèse est poursuivie pendant 5 h en tampon $CO_3(NH_4)_2$ 0,05 M à pH 9,0 (12 V/cm en long et 1 mA/cm en large). Les R_F en pentanol tertiaire de TRITh et de TRITA sont respectivement 0,46 et 0,55 ; dans les conditions de l'électrophorèse, TRITh ne migre pas, alors que la mobilité de TRITA est d'environ 6,5 cm. Le chromatoélectrophorégramme de l'éluat de la bande A (*fig.* 2 *a*) présente deux taches radioactives, l'une de TRITh, l'autre, plus faible, de TRITA ; celui de la bande B (*fig.* 2 *b*) présente une seule tache coïncidant avec TRITA témoin.

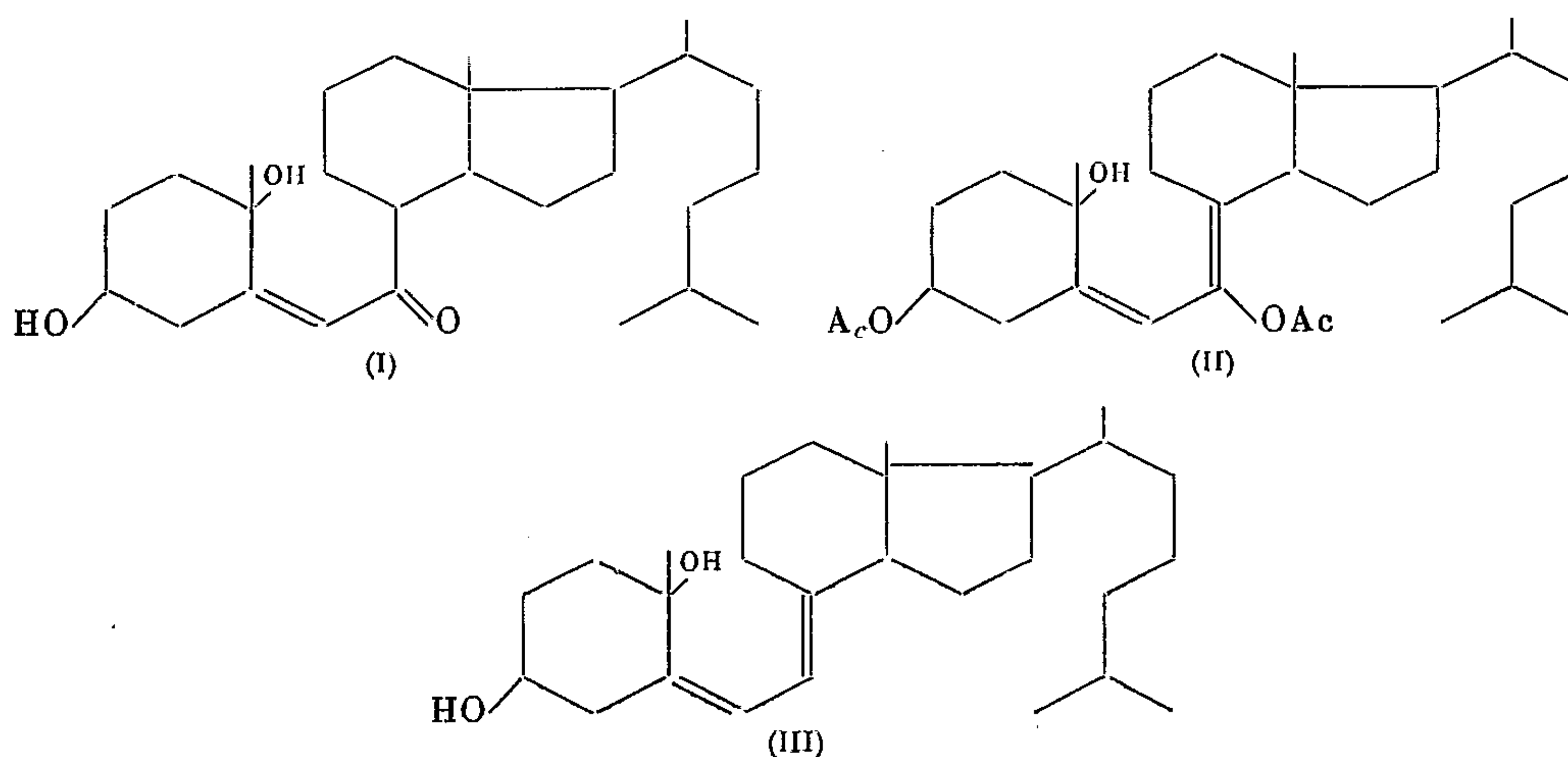
Conclusion. — La caractérisation de l'acide triiodothyroacétique (TRITA) dans le rein de rat recevant des doses physiologiques de 3.5.3'.L-triiodothyronine (TRITh) peut être considérée comme établie par nos expériences.

TRITA se formerait aux dépens de TRITh, vraisemblablement par décarboxylation oxydative d'un corps intermédiaire, l'acide 3.5.3'-triiodothyropyruvique, dont la présence dans certaines humeurs a déjà été signalée par nous ([6]).

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Structure stéroïde à noyau* B *ouvert et oxygéné du produit antirachitique obtenu par action d'une argile activée sur le cholestérol.* Note de M. **Yves Raoul**, Mlle **Noëllie le Boulch**, Mme **Andrée Guerillot-Vinet**, MM. **Raymond Dulou** et **Christian Baron**, présentée par M. René Fabre.

La structure triénique ouverte obtenue par irradiation de certains stérols caractérisait jusqu'à présent les vitamines D. Le présent travail établit la nature cétonique α.β-éthylénique, jointe à une fonction alcool tertiaire, d'un produit antirachitique très actif pouvant être préparé sans irradiation et existant dans certains produits naturels.

Dans de précédentes publications, nous avons décrit l'isolement ([1]) et la purification ([2]), ([3]) d'une substance hautement antirachitique (4 000 UI/mg) obtenue par action d'une argile activée sur le cholestérol. Nous proposons aujourd'hui pour cette substance ([4]) la formule (I) (seco-9/10 cholesten-5 one-7 diol-3.10) sur la base de l'analyse : C % 77,83; H % 10,85 (théoriquement pour $C_{27}H_{46}O_3$: C % 77,46; H % 11,08) et des arguments suivants :



([6]) J. Roche, R. Michel et J. Tata, *Biochim. Biophys. Acta*, 15, 1954, p. 500.

([1]) Y. Raoul, N. Le Boulch, J. Chopin, P. Meunier et A. Guèrillot-Vinet, *Comptes rendus*, 237, 1953, p. 439.

([2]) Y. Raoul, N. Le Boulch, C. Baron et A. Guèrillot-Vinet, *Comptes rendus*, 239, 1954, p. 1250.

([3]) Y. Raoul, N. Le Boulch, C. Baron, J. Chopin et A. Guérillot-Vinet, *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 36, 1954, p. 1265.

([4]) Anciennement désignée par 8_2 ou « cétone 250 ».

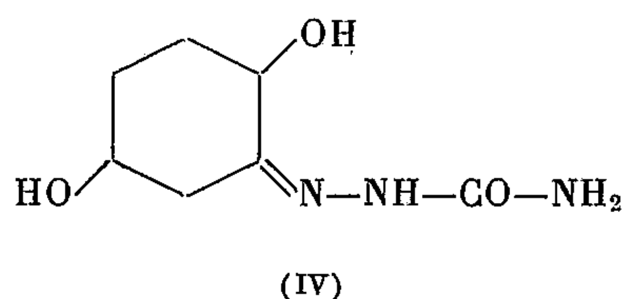
Le spectre ultraviolet est caractéristique d'une cétone α.β-éthylénique par un maximum intense (λ_{max} 250 mμ : ε 22 000) et un maximum faible (λ_{max} 310 mμ : ε 2 400). Le dosage par oximation montre qu'il s'agit d'une monocétone. Ce résultat est confirmé par la préparation d'une semicarbazone (F 195° λ_{max} 290 mμ : ε 11 000) et d'une dinitro 2,4 phénylhydrazone (F 150° λ_{max} 290 mμ : ε 16 200 et λ_{max} 365 mμ : ε 8 000), l'extractibilité du produit au moyen du réactif de Girard et Sandulesco et par le spectre infrarouge (ν_{max} 1680 cm^{-1}) [*loc. cit.* (3)].

Les microhydrogénations catalytiques sur platine dans l'acide acétique glacial à 20° et à la pression ordinaire ont permis de fixer une molécule d'hydrogène en un quart d'heure, puis une deuxième molécule en 1 h 30 mn. On sature d'abord le C=C puis le C=O car, ainsi que l'avait indiqué Vavon, les vitesses respectives d'hydrogénation de ces liaisons sont entre elles comme 5 et 1.

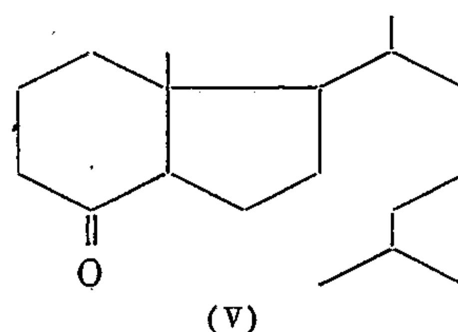
Par acétylation pyridinée à chaud, nous obtenons un diacétate alcool (F 46°). D'après les résultats du dosage par saponification et de la spectrographie infrarouge (bande OH à 3570 cm^{-1}), il s'agit là de l'acétate d'énol (II) qui par saponification redonne la cétone (I). La classe tertiaire de la fonction alcool peu réactive à l'acétylation est confirmée par la déshydratation facile de cette fonction en milieu acide, à chaud.

Bref, par les procédés classiques d'analyse fonctionnelle, nous avons inventorié une fonction cétone α.β-éthylénique, une fonction alcool secondaire en 3 et une fonction alcool tertiaire en 10. Cette dernière position en particulier est confirmée par la préparation du corps actif (I) à partir de la vitamine D_3 traitée par la floridine à froid. On obtient tout d'abord le diol (III) (5) à fonction alcool tertiaire en 10, dont l'oxydation ultérieure sur cette terre conduit à (I).

L'ozonolyse à 0° donne une importante fraction acide dont le *p*-bromophénacylate est cristallisé (F 61°) et une fraction neutre cétonique dont la semicarbazone (F 185°) contient N % 20,76, valeur en accord avec la formule $C_8H_{15}N_3O_3$ (N % 20,89) (IV). Par contre, nous n'obtenons ni formol, ni la



(IV)



(V)

cétone $C_{18}H_{32}O$ (V), correspondant au squelette triénique de la vitamine D_3.

En résumé, nous pouvons assigner au corps étudié la formule (I) qui est univoque à la stéréochimie près des carbones 8 et 10. Nous serons amenés à

(5) C. Baron, N. Le Boulch et Y. Raoul, *Bull. Soc. Chim. de France*, 1955, p. 948.

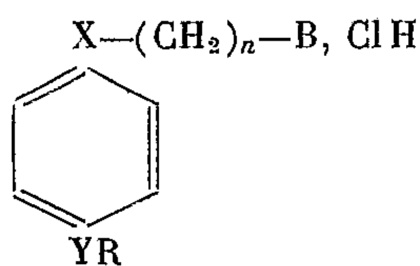
montrer que cette structure, *a priori* surprenante, est logique en étudiant le mécanisme de la réaction d'activation chimique qui donne naissance à ce corps à partir du cholestérol.

De plus, dans différentes Notes, plusieurs d'entre nous ont signalé la présence de cette cétone dans les produits naturels [huiles de foie de poisson ([6]), végétaux ([7])]. Nous nous proposons de réenvisager ultérieurement, d'une façon approfondie, tous ces points à la lumière de la structure que nous élucidons dans cette communication.

PHARMACOLOGIE. — *Constitution chimique et activité anesthésique locale.* Note de MM. **René Giudicelli**, **Pierre Chabrier** et **Henry Najer**, transmise par M. Marcel Delépine.

Les auteurs ayant constaté, dans certaines séries, l'influence qu'exerce sur l'activité anesthésique locale de surface la présence simultanée d'un groupement morpholino et d'un radical alcoylique de 6 à 8 atomes de carbone, montrent, par de nouvelles recherches, que cette observation présente un caractère assez exceptionnel.

Dans de précédentes Notes ([1]), nous avons mis en évidence, dans différentes séries : aminoesters, aminoéthers, aminoamides et aminocétones, répondant à la formule générale suivante (I) :



dans laquelle

$X = O$; COO; CO.NH; CO;
$Y =$ NHCOO; NHCO; O;
$R = C_1$ à C_{14}.
$B =$ diéthylamino; morpholino; pipéridino ou dibutylamino;
$n = 2$ ou 3;

l'influence exercée par certains groupements sur l'activité anesthésique locale, à savoir : fonction carbamate, poids moléculaire du radical R et nature de l'amine B.

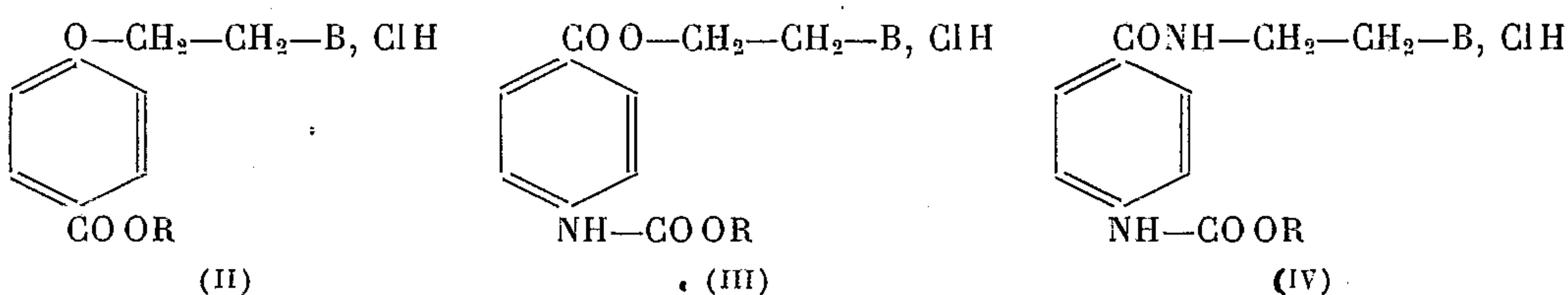
([6]) Y. Raoul, N. Le Boulch, J. Chopin, P. Meunier et A. Guérillot-Vinet, *Comptes rendus*, 235, 1952, p. 170.

([7]) Y. Raoul, N. Le Boulch, J. Chopin, P. Meunier et A. Guérillot-Vinet, *Comptes rendus*, 237, 1953, p. 439.

([1]) *Comptes rendus*, 239, 1954, p. 1440; 240, 1955, p. 1586; 240, 1955, p. 2358; 241, 1955, p. 229; 241, 1955, p. 1523.

Nos recherches nous ont conduits à reconnaître, dans certains cas, le rôle important que joue la présence simultanée, dans la formule (I), d'un radical $R = C_7H_{15}$ et d'un groupement morpholino.

Les nouveaux exemples, rapportés dans cette Note, montrent le caractère assez exceptionnel de cette observation. Nous avons préparé et étudié les substances du type (II), (III) et (IV) :

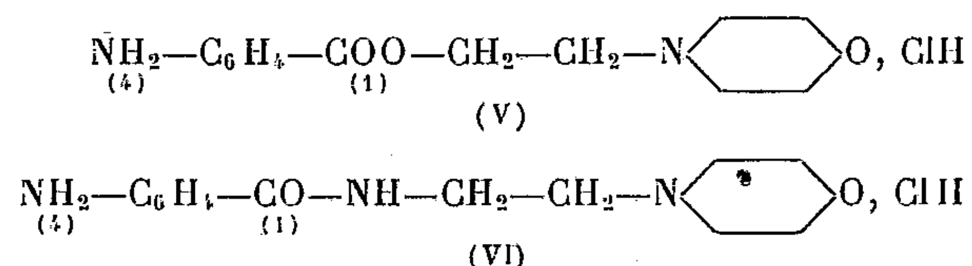


dans lesquelles R = un groupement alcoyle possédant 1 à 7 atomes de carbone et B = morpholino.

Les substances du type (II) ont été obtenues selon la méthode déjà décrite par Rohmann et Koch ([2]). Ces auteurs ont seulement préparé les produits dans lesquels B = diéthylamino et R = alcoyl possédant 1 à 4 atomes de carbone (tableau I).

Les produits du type (III) ont été obtenus par carbamoylation, suivant la technique que nous avons précédemment indiquée ([3]), du chlorhydrate du *p*-aminobenzoate de β-morpholinoéthyle (V), ce dernier, dénué d'activité anesthésique locale, ayant été décrit par Gardner et Haenni ([4]) (tableau II).

Les corps du type (IV) ont été obtenus par carbamoylation du chlorhydrate du β-morpholinoéthyl-paraaminobenzamide (VI), également dépourvu de pouvoir anesthésique local, que l'on obtient en suivant la technique décrite par l'un de nous et M. Joannic ([5]) (tableau (III).



Les tableaux ci-dessous indiquent : le point de fusion instantanée pris au Bloc Maquenne, la toxicité (DL 50 ou dose léthale 50 %), par voie intraveineuse chez la Souris blanche, déterminée selon la méthode de Kaërber et Behrens, l'activité anesthésique locale de surface mesurée par la méthode de Régnier ([6])

([2]) *Archiven der Pharmazie*, 276, 1938, p. 154.

([3]) *Bull. Soc. Chim. Fr.*, 1955, p. 1189.

([4]) *J. Amer. Chem. Soc.*, 55, 1931, p. 2763.

([5]) *Ann. Pharmaceutiques françaises*, 13, 1955, p. 556.

([6]) *Comptes rendus*, 177, 1923, p. 558 et *Thèse doctorat Médecine*, Paris, 1929.

et exprimée comparativement à celle du chlorhydrate de cocaïne considérée comme égale à 1, avec indication, entre parenthèses, de l'activité et de la toxicité de leurs analogues dans lesquels B = diéthylamino.

TABLEAU I.

$O\langle\quad\rangle N-(CH_2)_2-\underset{(1)}{O}-C_6H_4-\underset{(4)}{CO}OR, ClH$

R.	F (°C).	Activité.	Toxicité.
CH_3	193	0,02 (—)	0,275 (—)
C_2H_5	183	0,05 (0,05)	0,28 (0,07)
C_4H_{9n}	141	0,1 (0,4-0,5)	0,215 (0,09)
C_5H_{11n}	153	0,2 (irritant)	0,17 (0,11)
C_6H_{13n}	154	0,33 (0,1)	0,21 (0,105)
C_7H_{15n}	152	0,3 (0,03)	0,25 (0,12)
C_8H_{17n}	154	<0,2 (—)	0,375 (—)

TABLEAU II.

$O\langle\quad\rangle N-(CH_2)_2-\underset{(1)}{CO}O-C_6H_4-\underset{(4)}{NH}-COOR, ClH$

R.	F (°C).	Activité.	Toxicité.
CH_3	255	0,05 (0,3)	0,25
C_2H_5	204	0,2 (0,5-1)	0,15
C_3H_{7n}	214	0,4 (1)	0,085
C_4H_{9n}	206	1 à 1,2 (1)	0,043
C_4H_{9iso}	219	0,5 (3)	0,067
C_5H_{11n}	185	2 (4,5)	0,0375
C_6H_{13n}	189	solubilité insuf. (10)	solubilité insuf.
C_7H_{15n}	193	» » (12)	» »

TABLEAU III.

$O\langle\quad\rangle N-(CH_2)_2-NH\underset{(1)}{CO}-C_6H_4-\underset{(4)}{NH}-COOR, ClH$

R.	F (°C).	Activité.	Toxicité.
C_2H_5	223	<0,02 (0,2)	0,55 (0,028)
C_4H_{9n}	162	0,05-0,1 (0,4)	0,26 (0,022)
C_4H_{13n}	160	0,1 (2-3)	0,11 (0,028)
C_7H_{15n}	172	0,1-0,2 (3-4)	0,08 (0,024)
C_8H_{17n}	152	<0,02 (≧1)	0,07 (0,020)

Ces nouveaux résultats montrent :

1° que l'augmentation de l'activité anesthésique locale de surface, que nous avons précédemment observée dans certaines séries après remplacement du radical diéthylamino par le radical morpholino, doit être considérée comme un phénomène assez rare.

2° par contre, la carbamoylation des amines dénuées d'activité anesthésique locale de surface (tableaux II et III) a pour effet, ici encore, de permettre la manifestation de cette propriété.

PHARMACOLOGIE. — *Action de la chloropromazine sur la thermorégulation et la perspiration étudiée par la méthode hygrophotographique.* Note de M. **Joseph Sivadjian**, présentée par M. André Mayer.

L'action hypothermique de la chloropromazine (1) s'accompagne de la diminution importante de la perspiration insensible chez le Lapin, après une première phase d'augmentation passagère. Cette action diffère par conséquent de celle des bensodioxanes qui provoquent une chute de la température, tout en augmentant fortement la perspiration.

L'étude de la perspiration insensible par le procédé hygrophotographique peut être utile dans les cas où il s'agit de savoir si une hypothermie constatée est due à une augmentation de la thermolyse ou bien si elle est due à une diminution des échanges ou aux deux phénomènes à la fois.

Voici deux exemples d'expérienees faites à propos de cas controversés :

Lorsque nous traitons un lapin par une injection sous-cutanée de 25 mg par kilogramme de chloropromazine, un quart d'heure après l'injection, la température tombe déjà à 38°, 2 (température normale du lapin, 39°), tandis que la perspiration augmente aussi nettement, mais, lorsque 2 h 30 mn plus tard, la température a atteint son niveau le plus bas (36°, 9), la perspiration insensible se trouve fortement diminuée (la figure ci-contre donne les résultats identiques obtenus dans une autre expérience).

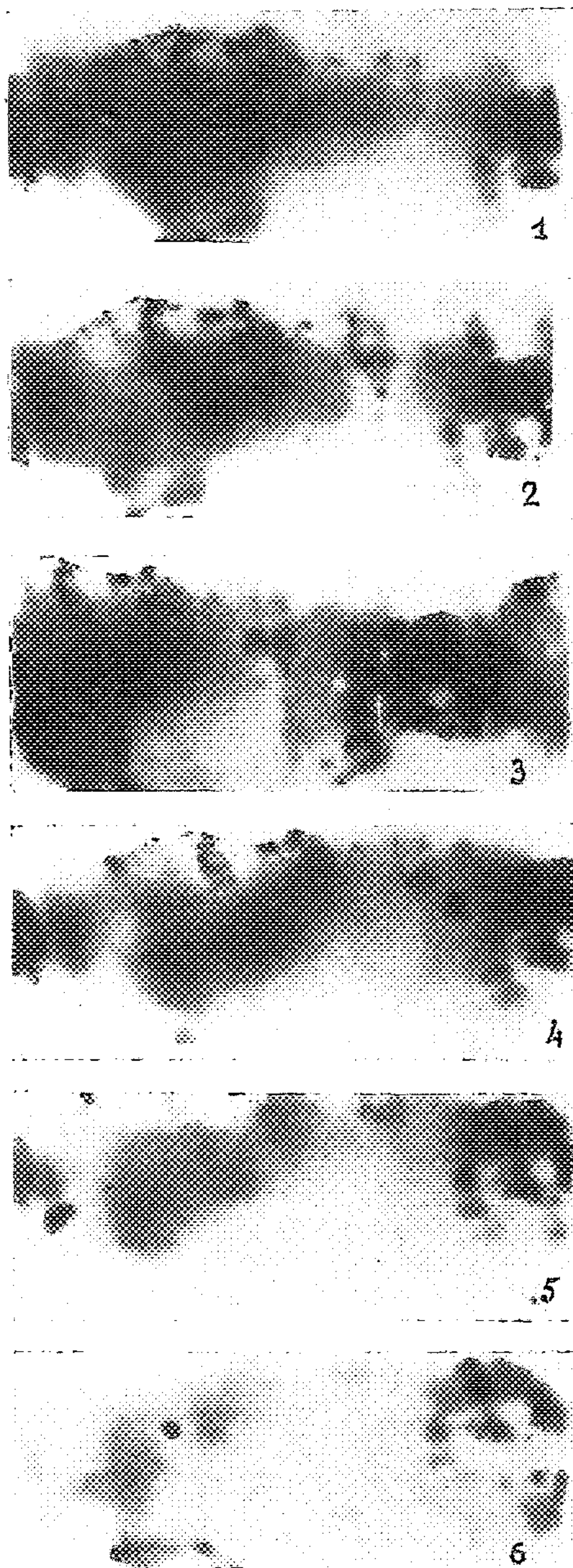
Dans le cas du diéthylaminométhylbenzodioxane, dont nous avons signalé jadis les propriétés hypothermisantes (2), 30 mn après l'injection sous-cutanée de 40 mg par kilogramme de produit, alors que la température de l'animal est encore normale (39°), nous constatons une forte augmentation de la perspiration insensible. Au bout de 2 h, quand la température rectale est tombée à 37°,9, la perspiration se trouve diminuée par rapport à sa valeur précédente, bien qu'elle soit encore au-dessus de sa valeur normale. Au bout de 4 h, la température atteint et reste stationnaire à 37°,3, tandis que la perspiration redevient normale.

La vasodilatation, dans le cas du benzodioxane, est d'ailleurs plus durable et plus prononcée que dans le cas de la chloropromazine.

L'action hypothermisante de la chloropromazine semble donc être très différente de celle du diéthylaminométhylbenzodioxane. Elle n'est pas due à une augmentation de la thermolyse latente par une intensification de la perspiration insensible cutanée qui, fugace et moins intense que celle observée avec le benzodioxane, ne peut pas rendre compte de la chute de la température observée dès le début. Avec le benzodioxane, l'abaissement de la température est consécutive à l'augmentation de la perspiration, tandis qu'avec la chloro-

(1) Nom générique de la chloro-3 (diméthylamino-3′ propyl)-10 phénothiazine.

(2) J. Sivadjian, *Thèse de Doctorat ès sciences*, Paris, 1935.



L'action de la chloropromazine sur la température et la perspiration insensible du Lapin.
Lapin mâle : poids, 2,900 kg; température normale, 39°.
La pellicule étant placée autour de la base de l'oreille épilée, elle y a été maintenue fixée pendant 20 mn chaque fois.

Fig. 1. — La perspiration normale, le matin du 29 juin 1955, à 11 h 30.

Fig. 2. — La perspiration normale, l'après-midi, à 14 h 15.

L'injection a lieu à 15 h, à la dose de 75 mg (25 mg/kg) par voie sous-cutanée.

Fig. 3. — A 15 h 20 on note l'augmentation sensible de la perspiration, tandis que la température est déjà tombée à 38°,8.

Fig. 4. — A 16 h 15, la perspiration a diminué, ainsi que la température (37°,8).

Fig. 5. — A 17 h 20, la perspiration et la température continuent toujours à diminuer (36°,7).

Fig. 6. — 18 h 40, température minimum atteinte 36°,6, la perspiration est fortement réduite.

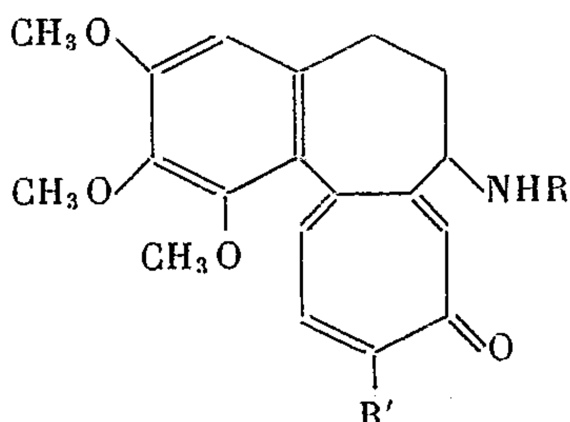
promaziné, l'abaissement est simultanée avec cette augmentation qui, passagère, bientôt fait place à une forte diminution, malgré la progression de l'hypothermie.

TOXICOLOGIE. — *Étude comparée de l'action mitoclasique et de la toxicité de divers dérivés aminés de la colchicine et de la désacétylcolchicine.* Note de MM. **René Truhaut**, **Guy Deysson** et **Jean-Pierre Fourneau**, présentée par M. René Fabre.

La méthylcolchaminone (méthylaminocolchicide) exerce une action mitoclasique supérieure à celle de la colchicine, alors que sa toxicité pour l'animal est plus faible. Pour la désacétylcolchicine et les dérivés aminés correspondants, les écarts entre concentration mitoclasique (*Allium Cepa*) et toxicité (Dl_{50} Souris) sont beaucoup plus importants que pour la colchicine.

On sait que, malgré une action mitoclasique remarquable, la colchicine n'a pu fournir de bons résultats en thérapeutique anticancéreuse, en raison surtout de sa grande toxicité. Au cours de ces dernières années, des recherches ont été effectuées sur toute une série de dérivés de l'alcaloïde, dans le but, d'une part, d'essayer de comprendre le mécanisme biochimique de son action et, d'autre part, de découvrir des composés plus intéressants pour l'utilisation thérapeutique.

Nous rapportons, dans cette Note, les premiers résultats que nous avons obtenus en déterminant l'activité mitoclasique et en la comparant à la toxicité chez un certain nombre de dérivés aminés de la colchicine et de la désacétylcolchicine (1). Les formules de ces divers corps, préparés par l'un de nous (2), sont rassemblées ci-dessous :



	R	R'
Colchicine	$-COCH_3$	$-OCH_3$
Méthylaminocolchicide (méthylcolchaminone) (*)	$-COCH_3$	$-NHCH_3$
Éthylaminocolchicide (éthylcolchaminone)	$-COCH_3$	$-NHC_2H_5$
Éthanolaminocolchicide (hydroxyéthylcolchaminone)	$-COCH_3$	$-NHC_2H_4OH$
Désacétylcolchicine	$-H$	$-OCH_3$
Méthylaminodésacétylcolchicide (méthyldésacétylcolchaminone)	$-H$	$-NHCH_3$
Éthylaminodésacétylcolchicide (éthyldésacétylcolchaminone)	$-H$	$-NHC_2H_5$

(*) Pour cette nomenclature, *cf.* J. P. Fourneau, *loc. cit.*

(1) Les détails des expériences seront publiés dans un Mémoire plus étendu.

(2) J.-P. Fourneau, *Bull. Soc. Chim. Fr.*, 1955, nos 11-12, p. 1569-1571.

L'action de ces composés sur la mitose a été étudiée avec les racines de bulbes *d'Allium Cepa* L., suivant la technique quantitative de l'un de nous ([3]); nous avons observé dans tous les cas une action mitoclasique du même type que celle de la colchicine, c'est-à-dire qui ne s'accompagne que d'une action mitodépressive faible (sauf dans un cas) et qui se manifeste en premier lieu par une dispersion des pôles fusoriaux (mitoses pluripolaires) et non par une inhibition élective de la cytodiérèse. Les toxicités ont été déterminées sur la Souris (en 24 heures) par injection intrapéritonéale ou intraveineuse. Le tableau suivant permet de comparer la toxicité (Dl_{50}) et l'activité mitoclasique (concentration-seuil d'action stathmocinétisante totale) des différents composés étudiés.

	Toxicité (mg/kg)		
	intra-péritonéale.	intra veineuse.	Activité mitoclasique.
Colchicine	–	1	$2,5.10^{-7}$ M
Méthylcolchaminone	400	20	2 »
Éthylcolchaminone	400	20	2,5 »
Hydroxyéthylcolchaminone	–	–	10^{-5} M
Désacétylcolchicine (tartrate)	–	> 320	$1,25.10^{-6}$ M
Méthyldésacétylcolchaminone	–	300	5 »
Éthyldésacétylcolchaminone	–	450	5 »

La méthylcolchaminone est, à notre connaissance, le premier dérivé pour lequel les propriétés mitoclasiques sont plus intenses que celles de la colchicine; à 10^{-7}M, il est déjà légèrement actif à partir de 48 h, alors que la colchicine n'exerce aucun effet notable; à $1,5.10^{-7}$M, l'action stathmocinétisante est presque totale en 24 h, la colchicine n'exerçant dans les mêmes conditions qu'une action très faible. Les propriétés mitoclasiques de l'éthylcolchaminone sont légèrement plus faibles que celles du dérivé précédent et une étude comparative minutieuse permet de conclure que son activité est identique à celle de la colchicine. Il est intéressant de constater que la toxicité chez la Souris de ces deux dérivés est 20 fois plus faible que celle de la colchicine. L'introduction d'une fonction alcoolique dans le radical de substitution (hydroxyéthylcolchaminone) entraîne une diminution considérable de l'activité mitoclasique (40 fois), mais celle-ci peut encore se manifester dans des conditions éloignées de l'action léthale.

La désacétylcolchicine est environ 5 fois moins mitoclasique que la colchicine et l'utilisation de concentrations supérieures au seuil d'activité s'accompagne, plus rapidement qu'avec la colchicine, de l'apparition d'une forte action mitodépressive entraînant bientôt la cessation de l'activité mitotique. La toxicité de ce corps pour la Souris est beaucoup plus faible : 160 et 320 mg/kg n'ont

(3) G. Deysson, *Thèse Doct. Pharm. État*, Paris, 1948.

provoqué la mort d'aucun animal, ni en injection intrapéritonéale, ni en injection intraveineuse. La méthyldésacétylcolchaminone est fortement mitoclasique à la concentration de $1,25.10^{-6}$ M, mais quelques mitoses normales s'observent encore après 3 jours de traitement et il faut atteindre la concentration de 5.10^{-6} M pour obtenir une action stathmocinétisante totale en 24 h; celle-ci est bientôt suivie de la cessation complète de l'activité mitotique, qui peut d'ailleurs reprendre si le traitement est interrompu. La toxicité de ce composé pour la Souris est 300 fois plus faible que celle de la colchicine. Enfin, l'éthyldésacétylcolchaminone est presque aussi active que le dérivé précédent, mais à l'action mitoclasique s'ajoute ici une action toxique qui provoque la mort des cellules végétales en 6 jours à $2,5.10^{-6}$ M, en 24 h à 5.10^{-6} M. Par contre, chez la Souris, ce composé est moins toxique et sa Dl_{50} est 450 fois plus faible que celle de la colchicine.

PHYSIOLOGIE BACTÉRIENNE. — *Influence du milieu sur le comportement de* Escherichia coli Fb *infecté par le phage Fcz.* Note de MM. **Joseph Huppert** et **Jacques Panijel**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

La lyse des cultures liquides de *E. Coli Fb* infectées par le phage Fcz dépend des conditions de milieu : dans des conditions isotoniques, la croissance de la culture reste normale malgré la multiplication du phage et la lyse ne se produit qu'en milieu hypotonique.

L'infection de *E. coli Fb* par le phage Fcz procure un matériel d'expérience particulièrement favorable pour l'étude de la production au cours de l'infection phagique de substances lytiques non reproductibles en série ([1]) que nous désignons désormais sous le terme de « prolysines ». Non seulement, en effet, la synthèse de prolysine y est particulièrement abondante, mais sa libération dans le milieu s'y effectue dès avant la mise en liberté des phages (qui a lieu à la 42e minute) et même avant l'apparition du premier phage infectieux intrabactérien (qui a lieu à la 25e minute). Ainsi, l'on est fondé à considérer qu'il s'agit en la circonstance d'un véritable processus d'excrétion déterminé par l'infection et qui se poursuit continûment pendant tout ce qu'on peut appeler la « vie résiduelle » du complexe infectieux. Cette excrétion constitue un phénomène constant quoique dépendant du milieu : en milieu synthétique [par exemple, milieu 70 à 5 % de glycérine ([1])] elle se produit dès les trois premières minutes de l'infection, c'est-à-dire dès l'adsorption du phage et ne cesse d'augmenter ensuite; en bouillon nutritif usuel (Difco à 8 ‰, Na Cl à 5 ‰), l'excrétion est à la fois moins précoce (elle commence

([1]) *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 745, 1168, 1452 et 2465.

entre la 12e et la 15e minutes) et moins abondante, mais les phénomènes sont analogues, dans leur principe et leur déroulement.

Toutes les expériences effectuées dans ces conditions permettent au surplus une observation commune : c'est qu'il n'y est jamais possible d'obtenir une lyse optique des cultures liquides. Il ne s'agit cependant nullement d'invoquer pour le phage Fcz un caractère « lent » comparable à celui de certains phages pairs de la série T, et ce, pour deux séries de raisons :

a. la lyse de la culture, aussi bien en milieu synthétique 70 qu'en bouillon nutritif, ne se produit pas, même en prolongeant l'incubation pendant plusieurs heures;

b. d'autre part et surtout, l'infection par le phage Fcz non seulement ne détermine pas de lyse optique des cultures liquides, mais même avec une multiplicité importante, s'accompagne d'une croissance presque normale de la culture. Les chiffres du tableau I ci-dessous laissent peu de doute à ce sujet :

TABLEAU I.

E. coli Fb *en milieu* 70 (*unité : d. o. de la culture à* 0 *mn*).

	Multiplicité d'infection....	0.	0,1.	1.	10.	100.
Temps	0 mn........	1	1	1	1	1
	60 »	2,2	2,2	2	1,8	1,2
	120 »	4,5	4,5	3,8	3,5	1,6
	180 »	6,5	6	5	5	2

On voit que même avec la multiplicité 100 la croissance est très ralentie, mais il ne se produit pas encore de lyse même après incubation prolongée.

On retrouve de tels résultats si l'on utilise le bouillon nutritif usuel comme milieu de culture.

Il convient cependant de souligner que les techniques d'étalement sur gélose montrent bien que toutes les bactéries infectées, — dont le pourcentage dépend de la multiplicité d'infection —, se comportent comme centres infectieux : ainsi, contrairement à ce qui se passe pour certains systèmes lysogènes, la lyse du système infectieux « *E. coli Fb*-Fcz » se produit en milieu solide et non pas en milieu liquide, lors même que la composition chimique du milieu est identique.

Nous avons pu cependant obtenir la lyse des cultures liquides infectées par deux méthodes différentes :

A. La première, fruit d'une observation fortuite, rappelle le cas de certaines bactéries *E. coli B/3* infectées par T 3 ([2]) : la culture de *E. coli Fb*

([2]) A. D. HERSHEY, A. GAREN, D. K. FRASER et J. D. HUDIS, *Carnegie Institution of Washington Year Book*, n° 53, 1954, p. 210.

infectée en milieu synthétique poursuit sa croissance normale jusqu'à contenir environ 5.10^8 bactéries/cm³. La croissance est alors arrêtée par stockage de la culture pendant 24 h à 5°. Puis un aliquot de cette culture est dilué en milieu neuf de façon à obtenir environ 5.10^7 bactéries/cm³ et remis en culture à 37° avec aération. La densité optique augmente pendant 2 h environ jusqu'à 2.10^8 bactéries/cm³ puis une lyse massive se produit.

B. La seconde méthode de lyse est de beaucoup la plus importante : nous avons pu montrer en effet qu'une culture de *E. coli Fb* infectée par Fcz lysait, si l'on utilisait comme milieu le bouillon nutritif non salé (Difco 8 ‰); de plus le facteur de pression osmotique semble ici essentiel puisque la lyse ne se produit plus si l'on rétablit l'isotonie par addition d'une quantité convenable de sucre (par exemple, le saccharose). Les chiffres du tableau II résument ces expériences (unité : densité optique des cultures au temps zéro).

TABLEAU II.

Temps (mn).	Culture			
	non infectée en bouillon non salé.	infectée en bouillon non salé (mult. d'inf. = 3).	non infectée en bouillon non salé saccharosé.	infectée en bouillon non salé saccharosé (mult. d'inf. = 3).
0	1	1	1	1
30	2,2	2,2	2,2	2
60	4	0,6	4	3,5
90	7	0,7	7	6

La différence de comportement selon que le bouillon est ou non isotonique incitait à rechercher si les conditions d'adsorption du phage infectant et le rendement en phage nouveau étaient identiques. Nos expériences ont montré que, pour ce qui concerne l'adsorption, elle s'effectue à même vitesse dans les deux milieux (90 % en 5 mn), tandis que le rendement en phage est plus faible d'environ 30 % dans le bouillon non salé dépourvu de sucre; par contre, dans ce dernier milieu, la production de prolysine est nettement accrue (d'environ 100 %).

Ainsi le cas du système « *E. coli Fb*-Fcz » manifeste un certain nombre de caractères particuliers :

1° rôle négligeable du sel dans l'adsorption du phage;

2° rôle de la pression osmotique dans la lyse des bactéries infectées : des recherches en cours tenteront de déterminer si la lyse est, en ce cas, l'effet de la synthèse des phages proprement dite ou est due à l'action même de la prolysine;

3° démonstration d'une véritable fonction d' « excrétion » de la bactérie

infectée qui peut, selon le milieu, manifester ou non le phénomène de lyse. Ceci nous conduit à nous demander si le cas de la croissance quasi-normale d'une culture liquide de *E. coli Fb*, où le phage Fcz ne cesse pourtant de se multiplier, est compatible avec les schémas admis de l'infection par les phages virulents.

IMMUNOLOGIE. — *Contribution à l'étude de l'action des antibiotiques sur l'immunité*. I. *Action du chloramphénicol sur la production d'anticorps vis-à-vis d'un antigène soluble*. Note de MM. **Aldo Farhi** et **André Lamensans**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

Le chloramphénicol exerce une action défavorable, légère, statistiquement significative, sur l'apparition des anticorps chez des lapins immunisés avec un antigène soluble.

Parmi les inconvénients liés à l'emploi des antibiotiques, les phénomènes de toxicité, de sensibilisation, d'altération de la flore intestinale normale et le développement de surinfections par microorganismes résistants, ont déjà fait l'objet de nombreuses publications. Un cinquième point, peu cité, possède cependant une importance considérable : l'influence des antibiotiques sur l'immunité.

Un certain nombre d'auteurs ont rapporté des faits cliniques qui, dans leur ensemble, tendent à montrer que les traitements par les antibiotiques sont susceptibles de diminuer l'aptitude des malades à former des anticorps. C'est au chloramphénicol, et plus particulièrement au traitement des typhoïdes et des paratyphoïdes par cet antibiotique, que se rapportent la plupart des publications.

Les travaux entrepris jusqu'à présent dans le domaine expérimental ont abouti à des conclusions contradictoires. Mais, dans la majorité des cas, ces expériences ont porté sur des groupes trop restreints d'animaux; de plus, les résultats obtenus n'ont pas été soumis aux épreuves statistiques de signification.

Le présent travail se rapporte à l'action du chloramphénicol sur l'apparition des anticorps chez des lapins immunisés avec un antigène soluble : l'albumine de bœuf.

I. Techniques. — L'expérience a porté sur 30 lapins blancs, mâles, de poids moyen : 2,5 kg, répartis en deux groupes de 15 lapins : le groupe A immunisé, témoin; le groupe B, immunisé et traité par le chloramphénicol.

Traitement. — Les animaux du groupe témoin A, ont reçu, par voie intramusculaire, l'excipient huileux sans antibiotique. Les animaux du groupe B ont reçu, par voie intramusculaire, une suspension huileuse de chloramphénicol, à raison de 65 mg d'antibiotique par kilogramme de

poids et par jour, en deux injections. Le traitement, commencé 24 h avant le début de l'immunisation, fut poursuivi jusqu'au jour précédant le prélèvement de sang.

Les animaux des deux groupes ont été nourris avec une provende vitaminée standardisée, des feuilles de choux frais et de l'eau.

Immunisation. — Une solution à 42 g/l d'albumine purifiée de bœuf (fraction V de plasma bovin), stérilisée par filtration sur bougie, a été administrée aux lapins des groupes A et B, par voie intraveineuse, selon le mode suivant :

Jours	1	4	6	8	11	13	15
Quantité injectée (cm^3)....	0,5	0,5	0,5	1	1	2	2

Dosages. — Les prélèvements de sang eurent lieu le 22e jour, à compter du début de l'expérience. L'examen des sérums a été effectué en deux temps : la recherche qualitative des anticorps et leur dosage.

a. La recherche qualitative a été faite par la méthode du « ring-test », qui permet de déceler la présence d'anticorps, même à l'état de traces.

b. Les dosages ont été conduits selon la méthode immunologique classique, la richesse en anticorps des sérums étant mesurée par leur aptitude à précipiter en présence de l'antigène. La technique opacimétrique de A. Boyden, E. Bolton et D. Gemeroy [1] a été employée pour la lecture des résultats.

II. Résultats. — *a. Recherche qualitative des anticorps* (ring-test). — Les résultats sont indiqués dans le tableau suivant :

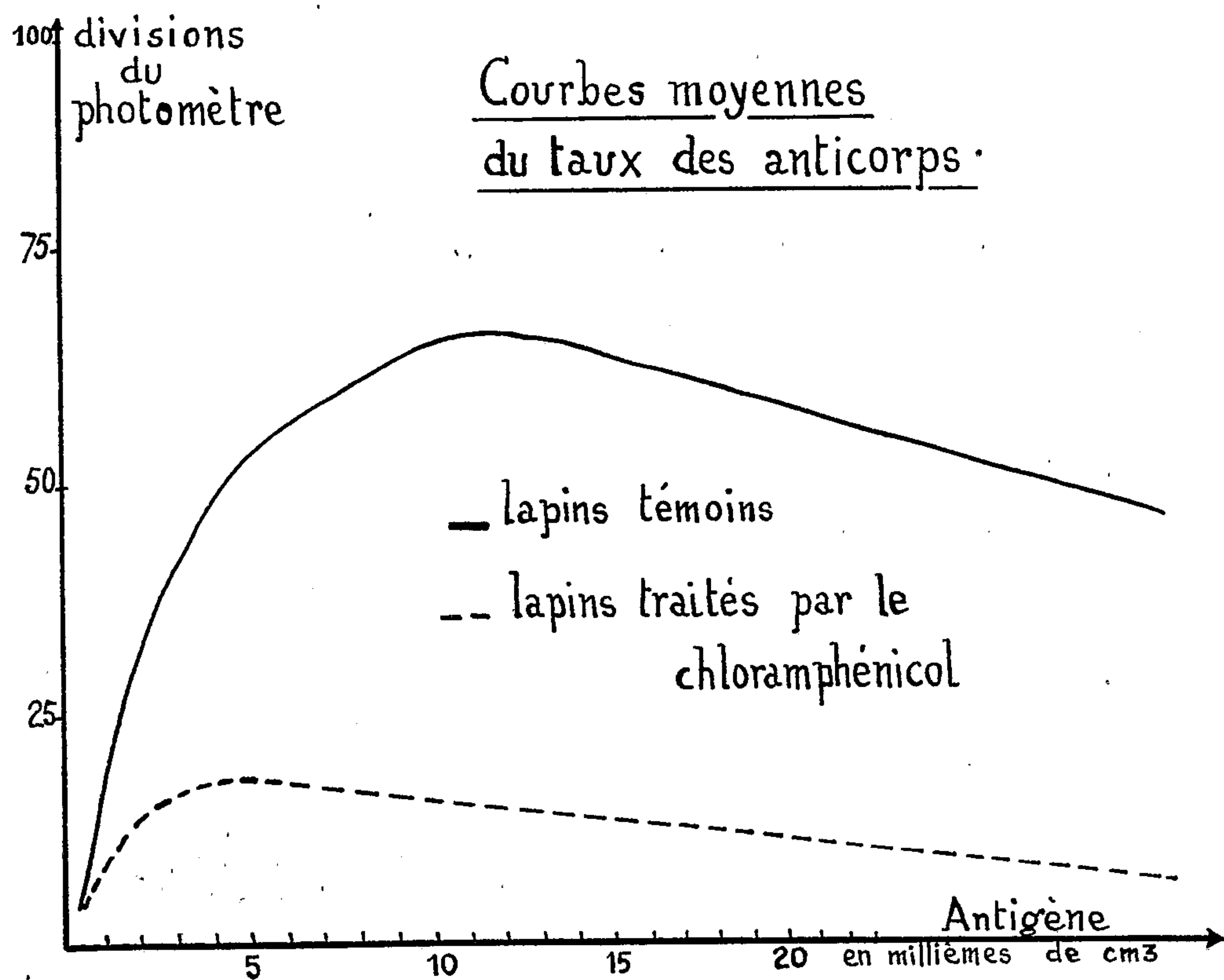
Groupe A (lapins témoins).				Groupe B (lapins traités).			
Sérum n°	Réaction.	Sérum n°	Réaction.	Sérum n°	Réaction.	Sérum n°	Réaction.
1.....	±	17.....	+	2.....	+++	18.....	—
3.....	±	19.....	++	4.....	+	20.....	—
5.....	+++	21.....	—	6.....	—	22.....	—
7.....	+	23.....	++	8.....	+	24.....	—
9.....	+++	25.....	±	10.....	+	26.....	—
11.....	+	27.....	—	12.....	+	28.....	—
13.....	+	29.....	—	14.....	+	30.....	—
15.....	++			16.....	—		

b. Dosages. — Les courbes moyennes de précipitation des groupes A et B sont figurées sur le graphique ci-après.

III. Interprétation des résultats. — Les épreuves statistiques classiques : le « X^2 » test pour les résultats fournis par le ring-test, et le « F »

(1) *J. of Immunol.*, 57, 1947, p. 211.

test pour ceux des dosages, ont montré que la différence entre les groupes A et B est nettement significative (P < 0,05).



IV. Conclusion. — Le chloramphénicol, dans les conditions d'expérimentation décrites, exerce une action défavorable légère sur l'apparition des anticorps chez des lapins immunisés avec un antigène soluble.

La séance est levée à 16 h 5 m.

R. C.



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 19 DÉCEMBRE 1955.

PRÉSIDENCE DE M. LOUIS FAGE.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **PRÉSIDENT** rappelle que l'Académie a décidé de ne plus se réunir entre la fête de Noël et le premier jour de l'An; il n'y aura donc pas de séance le lundi 26 décembre.

D'autre part, le lundi 2 janvier étant chômé, la prochaine séance hebdomadaire aura lieu le mercredi 4 janvier 1956.

PÉTROGRAPHIE. — *Remarques sur les voies de recherche de la synthèse des granites.* Note (*) de M. **RENÉ PERRIN**.

Les pétrographes ont suivi avec grand intérêt les expériences de Albert Michel-Lévy et Jean Wyart d'abord, puis de Jean Wyart sur les recristallisations de roches solides effectuées par recuit prolongé dans des autoclaves à des températures comprises entre 250 et 700° en présence d'eau, pure ou contenant divers sels alcalins. Récemment Wyart a ainsi obtenu ([1]), en partant d'une obsidienne entièrement vitreuse, et avec de l'eau contenant CO_3K_2, une roche dont l'intérieur est entièrement composé de feldspaths et de quartz, qui, écrit-il, « ressemble singulièrement à celle de certains microgranites » (à vrai dire assez particuliers).

Je pense qu'une voie se dessine ainsi vers la synthèse de véritables granites, à une réserve près cependant que j'exposerai à la fin de cette Note.

Si l'on étudie les massifs granitiques naturels, il semble qu'il y ait deux genèses possibles des granites.

La première, qui correspond à la direction que Wyart donnait à ses recherches, est la simple recristallisation par recuit prolongé (ou refroidissement extrêmement lent) d'une lave acide (rhyolite ou obsidienne, autrement dit d'un verre ayant la composition d'un granite.

(*) Séance du 14 décembre 1955.

([1]) *Comptes rendus*, 241, 1955, p. 1398.

Les passages observés parfois sur le terrain : rhyolite-microgranite-granite, autorisent à faire l'hypothèse d'un tel mode de genèse pour certains granites en nombre limité. Nous avons admis cette hypothèse, Marcel Roubault et moi, mais nous avons ajouté qu'il nous paraissait vraisemblable que des diffusions d'ions, fût-ce en quantité très minime, aient pu favoriser considérablement la dite recristallisation. N'ayant point l'heureuse fortune de pouvoir observer personnellement des passages rhyolite-microgranite-granite, nous avions attiré l'attention des géologues sur la nécessité de faire en pareil cas des études très précises, non seulement des structures, mais aussi des compositions chimiques des différentes roches, afin de se rendre compte s'il y a eu diffusion ou non.

Or, à la suite de la discussion qui a suivi au récent colloque de pétrographie de Nancy, la précédente communication de Wyart sur ses expériences, celui-ci a procédé à l'analyse de l'eau à la fin des essais. Dans l'exemple qu'il cite, l'eau a perdu la majorité de sa potasse et s'est enrichie en soude, d'où la conclusion inévitable qu'il y a eu diffusion d'ions K vers la masse et en sens inverse d'ions Na. C'est là le phénomène d'échange de cations auquel Roubault et moi avons donné le nom de « diffusions à double sens ».

Quel que soit le rôle que l'on attache à l'eau, le fait que K et Na se sont mûs en sens inverse, montre que le métamorphisme obtenu est dû à des diffusions et non pas à une circulation de solutions, thèse que j'ai soutenue, ainsi que H. Ramberg, pour le mécanisme général du métamorphisme et de la granitisation.

Un calcul simple, d'après les données de Wyart, m'a montré que, aux erreurs d'analyse près, il semblait y avoir eu échange, cation par cation, de K et de Na. Il serait évidemment très important de vérifier s'il en est ainsi, lors d'autres expériences.

Le fait que Wyart ait constaté un ordre de grandeur totalement différent de la recristallisation selon que l'eau contient ou non CO_3K_2, confirme totalement le point de vue que nous avons exprimé et que j'ai rappelé ci-dessus. Je dirai, cependant, objectivement, que ce fait n'exclut pas la possibilité de simple recristallisation sans diffusion au prix de temps géologiques; une fois encore, c'est l'observation précise sur le terrain qui, seule, doit permettre de conclure valablement.

Je ne doute pas que Wyart ne continue ses expériences à partir de laves, dans le but de tenter la synthèse de vrais granites, en reproduisant leur structure, et non pas simplement leur composition minéralogique, ce qui est totalement différent, mais je pense que, chaque fois que ces expériences seront accompagnées de diffusions d'ions, il importe de les appeler par leur vrai nom, à savoir tentatives de métamorphisme artificiel, et si possible de granitisation, de laves et non de simple dévitrification. Il est extrême-

ment important que Wyart ait réussi à mettre en évidence, à températures relativement basses, pour la première fois, il me semble, ce phénomène de diffusion à double sens que j'avais observé à températures beaucoup plus élevées sur les revêtements de fours.

Mais le deuxième mode de genèse des granites, qui m'apparaît de par les observations sur le terrain des auteurs du monde entier de portée beaucoup plus générale, est la granitisation de roches, de compositions très diverses, qu'il s'agisse de gneiss, micaschistes, schistes ou roches plus basiques, laviques ou non. L'observation des contacts des massifs et de l'évolution des enclaves, en particulier montre que, dans ce cas très général, les diffusions en sens inverse n'ont pas intéressé simplement K et Na, mais d'autres ions, de nature variable selon les cas.

Si l'on se borne aux observations les plus fréquentes, il y a eu apport de Si et K, départ de Al, Mg, Fe, très souvent apport de Na, parfois départ, et pour Ca tantôt l'un, tantôt l'autre.

La synthèse vraie des granites devrait donc reproduire de tels phénomènes par métamorphisme artificiel de roches cristallines. Les constatations de Wyart montrent qu'il ne semble pas qu'il y ait, *a priori*, impossibilité.

G. E. Goodspeed et H. W. Smedes ([2]) ont récemment obtenu sur des arkoses cristallines, ce qu'ils ont appelé une granitisation commençante, à la réalité très commençante, mais cependant nettement visible. Sans doute, parce qu'ils ne songeaient pas à la possibilité d'obtenir des diffusions à double sens, ils ont employé une eau semblable à celle du geyser du Yellowstone Park, comportant des « minéralisateurs » en l'occurrence sels de soude et chlorure d'ammonium. Ils ont obtenu une certaine recristallisation et surtout la formation d'albite, ce qui semble prouver la diffusion de Na, mais ils ont malheureusement négligé de faire l'analyse de l'eau, après l'expérience.

Ce fait montre qu'une tentative de granitisation d'une roche cristalline n'est pas vouée obligatoirement à l'échec, à condition de prendre les dispositions voulues, et en particulier d'observer au moins la précaution d'avoir en quantité suffisante dans la solution les corps que l'on veut faire diffuser.

La diffusion des alcalins apparaît aisée; le problème qui présente, *a priori*, le plus d'inconnues est d'une part de provoquer la diffusion de Si et surtout en sens inverse la diffusion de Mg, Fe, Al. Goodspeed indique que, dans ses expériences, la biotite et la chlorite ont été presque entièrement converties en amas opaques irréguliers d'hydroxydes de fer et de magnétite; il y aurait donc eu une certaine diffusion de Al et Mg, mais le Fe serait resté

([2]) *Synthesis of an incipient stage of granitization* (*The Trend in Engineering at the University of Washington*, 5, n° 1, janvier 1953, p. 8).

sur place. Par contre, Wyart a constaté sur la surface de son prisme d'obsidienne métamorphisée, la présence de fines amphiboles monocliniques, ce qui paraît mettre en évidence une certaine expulsion vers l'extérieur au moins de Fe et Mg; dans une autre expérience, il a obtenu sur les parois de l'autoclave le pyroxène aegyrine $NaFeSi_2O_6$ (ces deux faits viennent d'ailleurs en confirmation des calculs de Ramberg, selon lesquels Fe et Mg auraient tendance à se concentrer dans les méta et orthosilicates, conception dont je me suis servi antérieurement pour une tentative d'explication du phénomène général de formation de massifs granitiques ([3]).

Il semble donc possible d'obtenir des diffusions de Mg, Fe et Al, dans des conditions accessibles à l'expérimentation.

L'ensemble de ces observations, fragmentaires encore, montre donc, à mon avis, qu'une granitisation artificielle doit pouvoir être réalisée au bout, sans doute, de beaucoup de tâtonnements, à condition de se servir du fil conducteur des diffusions à double sens, et de procéder systématiquement.

Des directions apparaissent, car, à mon avis, la difficulté ne tient pas à une inégale mobilité des ions, et Fe, Mg, Al doivent pouvoir migrer aussi aisément que K, Na dont la diffusion en sens inverse est maintenant un fait tout à fait établi par l'expérience de Wyart; je ne crois pas, autrement dit, que l'intensité des migrations soit fonction des solubilités de sels : l'observation géologique montre tout au moins qu'il n'en est pas ainsi dans la nature. Le problème est de provoquer ces diffusions par des causes physicochimiques. Là me paraît le fil conducteur : il faut provoquer les échanges chimiques désirables.

Mais l'on ne pourra réellement affirmer que l'on a obtenu la synthèse du granite que si l'on en a reproduit sa structure si particulière, et non pas seulement provoqué la genèse de ses minéraux habituels. Même s'il en était ainsi, une vérification supplémentaire s'imposerait : jusqu'à présent, comme l'ont montré N. L. Bowen et O. F. Tuttle, tous les cristaux d'albite effectués par synthèse en présence d'eau, quelle que soit la température, ont été de la forme haute température, tandis que la forme quasi générale des albites des granites est celle dite de basse température. Il importerait donc de vérifier la nature des cristaux d'albite; si elle était encore de la forme haute température, ce qui n'est d'ailleurs pas certain *a priori*, il faudrait en conclure que la genèse des granites s'est produite en l'absence d'eau, hormis l'eau contenue dans les micas ou hornblendes. Dans ces conditions, dans les expériences actuellement à notre portée, l'eau que l'on retrouve intégralement à la fin de l'essai ne jouerait que le rôle d'un cata-

---

([3]) R. PERRIN, *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 1717; *Amer. J. Sc.*, 252, août 1954, p. 449-465.

lyseur, ou faciliterait la perfection nécessaire des contacts, si difficile à assurer entre substances solides, surtout entre roches.

Mais ce fait ne serait, à mon sens, que d'un intértê relativement mineur au point de vue géologique, car, comme je l'ai déjà écrit à différentes reprises, le seul problème important est de savoir s'il y a eu diffusions dans les roches, que celles-ci soient totalement sèches ou humides, ou au contraire circulation de solutions, selon une thèse encore assez répandue.

Si l'on parvient, ce qui n'apparaît plus impossible, à faire la synthèse réelle de granites, avec la forme de l'albite, ce serait déjà un résultat majeur.

ANALYSE GÉNÉRALE. — *Conditions d'existence (exprimées en termes de « variations généralisées ») d'un extremum local d'une fonctionnelle.* Note (*) de M. **Maurice Fréchet**.

Des conditions nécessaires et des conditions suffisantes sont données pour l'extremum local d'une fonctionnelle numérique $F[z]$ dépendant d'un élément z variant dans un espace de Banach. On obtient une théorie aussi simple que la théorie classique des extrema locaux des fonctions ordinaires de plusieurs variables numériques.

Introduction. — Pour l'étude de l'existence d'un extremum local d'une fonction numérique $f(z_1, \ldots, z_s)$ de plusieurs variables numériques, on supposait d'abord que f a des dérivées partielles continues. Le champ de validité des résultats obtenus a été accru en supposant seulement que f est différentiable au sens de Stolz et W. H. Young. Une troisième extension consisterait à admettre seulement que f possède des « variations » des divers ordres au sens adopté en Calcul des variations.

Nous réaliserons une quatrième *et double* extension : 1° en donnant au mot « variation » un sens plus général, précisé plus loin; 2° en remplaçant le point de coordonnées $z_1, \ldots, z_s$ par un élément plus général, z, variant *dans un espace de Banach* (que nous appellerons *espace* B. W. H).

Variations généralisées. — Nous dirons qu'une fonctionnelle numérique $F(z)$ définie sur un espace B. W. H. (ou, au moins, sur un voisinage d'un point y dans un tel espace) à une *variation généralisée d'ordre n* au point y, s'il existe des fonctionnelles $F_1, F_2, \ldots, F_n$ indépendantes du nombre réel, t, telles qu'en posant

$$F[y+tu] = F[y] + tF_1[y, u] + \ldots + \frac{t^n}{n!}F_n[y, u] + t^n\mathcal{E}_n[y, u, t], \qquad (1)$$

on ait pour y fixe donné, u arbitraire mais fixe dans B. W. H.,

$$\lim_{t \to 0} \mathcal{E}_n[y, u, t] = 0 \qquad (2)$$

(*) Séance du 14 décembre 1955.

On appellera alors $F_n[y, u]$, « variation généralisée » d'ordre n de $F[z]$ correspondant à $z=y$ et à l'accroissement u de y et on la représentera par *la notation* $\delta^n_{u^n} F[y]$.

On démontre qu'alors :

1° $F[z]$ possède nécessairement aussi les variations généralisées $\delta_u F[y]$, $\delta^2_{u^2} F[y], \ldots, \delta^{n-1}_{u^{n-1}} F[y]$, d'ordre $1, 2, \ldots, n-1$ pour $z=y$ [1];

2° on a $F^p_p[u, y] = \delta^p_{u^p} F[y]$ pour $p=1, \ldots, n-1$ et, par suite, (1) peut s'écrire

$$F[y+tu] = F[y] + t\,\delta_u F[y] + \ldots + \frac{t^n}{n!}\delta^n_{u^n} F[y] + t^n \mathcal{E}_n[y, u, t], \tag{3}$$

encore avec la condition (2);

3° $\delta^p_{u^p} F[y]$ est homogène et de degré p en u, c'est-à-dire que

$$\delta^p_{(tu)^p} F[y] = t^p \delta^p_{u^p} F[y].$$

Conditions nécessaires pour un extremum local (en termes des variations généralisées) :

Théorème I. — *Si* $F[z]$ *a une variation première pour* $z=y$, *alors, pour que* $F[z]$ *ait un extremum local pour* $z=y$, *il faut que*

$$\delta_{\Delta y} F[y] = 0 \tag{4}$$

quel que soit l'accroissement Δy *dans B. W. H.*

Remarque. — Quand $F[z]$ a un extremum local pour $z\equiv y$, non seulement sa variation première est nulle, mais il peut arriver que plusieurs des variations généralisées successives soient aussi nulles. Plaçons-nous dans ce cas général :

Théorème II. — *Supposons que* $F[z]$ *admette une « variation généralisée » d'ordre n pour* $z=y$ *et que toutes « ses variations généralisées » d'ordre inférieur à n soient nulles pour* $z=y$, *quel que soit l'accroissement* Δy *de B. W. H.*

Alors, pour que $F[z]$ ait un minimum [maximum] local pour $z=y$, il faut :

1° si n est impair : que $\delta^n_{(\Delta y)^n} F[y] = 0$, quel que soit Δy de B. W. H.;

2° si n est pair, que

$$\delta^n_{(\Delta y)^n} F[y] \geqq 0, \qquad [\leqq 0]$$

quel que soit Δy de B. W. H.

Conditions suffisantes :

Remarque. — Nous aurons besoin d'hypothèses plus strictes pour les conditions suffisantes. A cet effet, nous dirons que la « variation généralisée » d'ordre n de $F[z]$ pour $z\equiv y$, *possède la propriété* P (ou que c'est une « variation P'') si, dans la formule (2), $\varepsilon_n[y, u, t]$ converge vers zéro, avec t, *uniformément* quand u varie sur B. W. H. de sorte que $\|u\|$ reste égal à 1.

---

[1] Contrairement à la définition ordinaire de la « variation » d'ordre n en un point y, on *ne* suppose *pas* que $F[z]$ possède des variations d'ordre $1, 2, \ldots n-1$ *au voisinage* de y.

Représentons d'autre part, par $m_n[y]$ et $M_n[y]$ les bornes inférieure et supérieure de $\delta_u^{u^n} F[y]$ quand u varie encore de sorte que $\| u \| = 1$.

THÉORÈME III. — *Supposons que* F[y] *ait, pour* $z = y$, *une « variation généralisée » d'ordre n* possédant la propriété P *et que l'on ait encore*

$$(5) \qquad \delta_u F[y] = \ldots = \delta_{u^{n-1}}^{n-1} F[y] = 0$$

quel que soit u de B. W. H.

Alors, pour que F[z] ait un minimum [maximum] local pour $z = y$, il suffit

1° que n soit pair

2° et que

$$m_n[y] > 0, \qquad (M_n[y] < 0).$$

S'il en est ainsi, cet extremum sera *fort* (c'est-à-dire que $F[z] \neq F[y]$ pour $z \neq y$ dans un voisinage assez étroit de y).

Naturellement, si $m_n[y] < 0 < M_n[y]$, il ne peut y avoir un extremum local de F[z] pour $z = y$.

Restent donc les cas où

$$m_n[y] = 0 \qquad \text{ou} \qquad M_n[y] = 0.$$

Dans ces cas, on peut donner une condition suffisante, d'un domaine de validité encore assez large.

A cet effet, nous dirons que F[z] a une variation généralisée d'ordre *n possédant la propriété* Q pour $z = y$, si

1° F[z] a une variation généralisée d'ordre n, pour $z = y$ *et* dans un voisinage de y;

2° et l'on peut écrire

$$(6) \qquad \Delta F[y] = \delta_{\Delta y} F[y] + \ldots + \frac{1}{(n-1)!} \delta_{(\Delta y)^{n-1}}^{n-1} F[y] + \frac{1}{n!} \delta_{(\Delta y)^n}^n F[y + \theta \Delta y],$$

avec

$$(7) \qquad 0 < \theta < 1.$$

[Le système (6), (7), est vérifié *par exemple*, dans le cas où B. W. H. est un espace cartésien à un nombre fini de dimensions et où $F[z] \equiv f(z_1, \ldots z_s)$ a des dérivées partielles continues jusqu'à l'ordre n au voisinage du point y].

THÉORÈME IV. — *En supposant que* F[z] *ait, pour* $z = y$, *une « variation généralisée » d'ordre n possédant la propriété* Q, *et que ses « variations généralisées » d'ordre inférieur à n soient pour* $z = y$, *nulles quel que soit* Δy *de* B.W.H., *alors, pour que* F[z] *ait un minimum [maximum] local pour* $z = y$, *il suffit que*

1° *n soit pair,*

2° $\delta_{(\Delta z)^n}^n F[z] \geqq 0 \; [\leqq 0]$

pour tout Δz *de* B.W.H. *et pour tout z de* B.W.H. *appartenant à un certain voisinage de* y.

Exemple. — Soit $\varpi(z)$ une fonction numérique d'une variable numérique z qui, au voisinage de $z=0$, est partout continue mais nulle part dérivable.

Si $F[z]=z^2\varpi(z)$, $F[z]$ a une variation P du second ordre pour $z=0$. Et pour cette fonction

$$m_2(0)=M_2(0)=2\varpi(0).$$

Donc, en vertu du Théorème III, si $\varpi(0)>0$ $[<0]$; $F[z]$ a un minimum [maximum] local fort pour $z=0$.

On aurait pu arriver directement à ce résultat sans intervention de variation, ni de dérivée. Mais le fait reste que le théorème III ci-dessus s'applique à cet exemple et qu'il n'en est pas ainsi pour les critères de la théorie classique, puisque $F[z]$ ne possède pas, dans cet exemple, une dérivée seconde pour $z=0$.

L'Ouvrage suivant est présenté par M. **Maurice Roy** : *Traité d'électricité t héorique*. Tome II. *Électrocinétique et magnétostatique*, par Marc Jouguet.

DÉSIGNATIONS.

M. **Maurice de Broglie** est désigné pour représenter l'Académie à la manifestation organisée par le Comité France-Amérique, le 6 février 1956, pour commémorer, à Paris, le deux cent cinquantième anniversaire de la naissance de *Benjamin Franklin*.

CORRESPONDANCE.

Mmes **Jean Bataillon, Léon Christophe, Roger Heim, Maurice Martraire, Claude Marty, Arthur Randoin**, Mlles **Suzanne Coron, Geneviève Guitel**; MM. **Camille Arambourg, Ivan Assenmacher, René Baillaud, Édouard Belin, Pierre Bordet, Paul Boulanger, Roger Brard, Charles Brioux, Henri Camichel, Charles Chartier, Raymond Chastel, Gustave Cherbonnier, Jean Coulomb, Georges Darmois, Nguyen Dat-Xuong, Georges Daumain, Constantin Davydoff, Paul Delost, Jean Dieudonné, Jean Dufay, René Dugas, Georges Dupont, Émile Durand, Emmanuel Fauré-Frémiet, René Fauvert, Charles Fert, Jacques Forest, Eugène Freyssinet, René Fric, Marcel Froissart, Camille Guérin, Raymond Jacquot, Marcel-Charles Jourdain, Paul Laffitte, Charles Legrand, Jean Lehman, Paul Mandel, Claude Marty, Nicolas Minorsky, Jacques Monod, Henri Moureu, Jean Nougaro, Jean Paraf, Jean Patel, Henri Piéron, Albert Raynaud, Jean Roche, Laurent Schwartz, Otto Struve, Charles Thibault, Arthur Tresse, Ernest Van Campenhout, Antoine Willemart** adressent des remerciements pour les distinctions accordées à leurs travaux.

MM. **Maurice Étienne**, **Maurice Fontaine**, **Hubert Lévy**, **Jacques Sigal**, le Général Commandant l'**École polytechnique**, le Conservateur de la Bibliothèque du **Muséum national d'histoire naturelle**, le Président de la **Société d'encouragement pour l'industrie nationale** adressent des remerciements pour les subventions qui leur ont été accordées pour leurs recherches ou leurs Bibliothèques.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Biographical Memoirs of Fellows of the Royal Society*. Volume I. (A new series in continuation of Obituary notices of fellows of the Royal Society).

2° *Studies on the action of penicillinase. Experimental wound infections and experimental immunization to penicillinase in rabbits*, by Rolf Tacking (Thèse, Uppsala).

3° *A century of progress in the natural sciences*, 1853-1953. Published in celebration of the centennial of the California Academy of sciences).

4° Académie des sciences de l'Esthonie. *Eesti NSV kohalikud külmakindlad puuviljasordid*, par A. Siimon.

5° id. *Graphitcheskii metod primenenia genetitcheskoy formuly stoka k slutchaiou peremennyck skorostey ruslovogo stoka*, par E. M. Olidekop.

6° *Revista Universitatii C. I. Parhon si a Politechnicii Bucuresti. Seria stiintelor naturii*. 1 à 8.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Inversion et invariants de la transformation généralisée de Hankel*. Note de MM. **Bogoljub Stanković** et **Novi Sad**, présentée par M. Henri Villat.

Dans cette Note nous allons énoncer certains théorèmes notés 1, 2, 3 relatifs à la transformation généralisée de Hankel [1],

$$(1)\qquad \int_0^\infty \Phi(\mu+1,\nu;-x^\nu y)\,y^\mu g(y)\,dy = G(x) \qquad (\mu>-1,\ \nu>0),$$

où [2]

$$\Phi(\mu,\nu;z)=\sum_{k=0}^{\infty}\frac{z^k}{\Gamma(k+1)\,\Gamma(\mu+\nu k)}$$

et qui se réduit à cette dernière pour $\nu=1$.

Théorème 1. — *Il résulte de* (1) *:*

$$x^{\frac{(\mu+1)(\nu-1)}{\nu}}g(x)=\int_0^\infty \Phi\left(\frac{\mu+1}{\nu},\ \frac{1}{\nu};\ -x^{\frac{1}{\nu}}y\right)y^\mu G(y)\,dy,$$

(1) R. P. Agarwal, *Ann. Soc. Sc. Bruxelles*, 64, 1950, p. 164-168.

(2) E. M. Wright, *Proc. London Math. Soc*, 38, 1934, p. 258-270.

lorsque cette dernière intégrale converge et que $x^\mu g(x)$ est une fonction — L [3].

THÉORÈME 2. — *Lorsque $x^\mu f(x)$ est une fonction* — L, *la solution générale de l'équation homogène*

$$(2) \qquad f(x) = \int_0^\infty \Phi(\mu+1, \nu; -x^\nu y) y^\mu f(y)\, dy \qquad (\mu > -1, \nu > 0)$$

satisfait à la relation

$$(3) \qquad \varphi(s) \overset{\text{def}}{=} \int_0^\infty e^{-st} t^\mu f(t)\, dt = s^{-\frac{\mu+1}{\nu+1}} \omega\left(\frac{ln\, ln\, s}{ln(-\nu)}\right),$$

où $\omega(x)$ est une fonction périodique de période 1, *telle que le second membre* (3) *soit une fonction* — *l*.

THÉORÈME 3. — *Lorsque $\varpi(x)$ est une fonction périodique de période* 1 *et telle que $x\varpi[ln x/ln(-\nu)]$ soit une fonction* — *l*, *la fonction $g(x)$ définie par*

$$\int_0^x y^\mu g(y)\, dy = x^b \int_0^\infty t\varpi\left(\frac{ln\, t}{ln(-\nu)}\right) \frac{d^2}{dt^2}\left\{\frac{x^t}{\Gamma(1+b+t)}\right\} dt,$$

où $b = (\mu+1)/(\nu+1)$, est la solution de l'équation (2).

Le théorème 1 est une conséquence immédiate du lemme suivant :

LEMME 1. — *Soit $l(x)$ une fonction* — L *et*

$$(4) \qquad L(x) \overset{\text{def}}{=} x^\mu \int_0^\infty \Phi(\mu+1, \nu; -x^\nu y)\, l(y)\, dy \qquad (\mu > -1, \nu > 0).$$

Si l'intégrale

$$\lambda(s) \overset{\text{def}}{=} \int_0^\infty e^{-st} l(t)\, dt$$

converge pour $R(s) \geq x_0 > 0$, *il en sera de même de*

$$\Lambda(s) \overset{\text{def}}{=} \int_0^\infty e^{-st} L(t)\, dt$$

pour $R(s) > 0$ *et*

$$\Lambda(s) = s^{-(\mu+1)} \lambda(s^{-\nu}).$$

Le théorème 2 s'obtient en appliquant le théorème 1 à l'équation (2).

Enfin le théorème 3 découle du lemme suivant :

LEMME 2. — *Soit $a(x)$ une fonction* — L *dont la transformée de Laplace $\alpha(s)$ converge pour* $R(s) \geq x_0$; *alors la transformée de Laplace $\beta(s)$ de la fonction*

$$b(x) \overset{\text{def}}{=} \int_0^\infty a(t) \frac{d^2}{dt^2}\left\{\frac{x^t}{\Gamma(1+t)}\right\} dt$$

---

(3) En ce qui concerne la définition des fonctions —L et — *l*, *voir* G. DOETSCH, *Handbuch der Laplace Transformation*, I, 1950.

converge pour $R(s) \geqq e^{x_0}$ *et est lié à* $\alpha(s)$ *par la relation*

$$\beta(s) = \frac{ln^2 s}{s} \alpha(ln s).$$

Certains résultats connus relatifs à la transformation de Hankel, en particulier ceux de M. Parodi (4), se réduisent aux théorèmes précédents pour $\nu = 1$.

THÉORIE DU POTENTIEL. — *Sur l'allure des fonctions surharmoniques positives à la frontière de Martin.* Note de Mlle **Linda Naïm**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

On introduit sur l'espace formé par un espace de Green Ω et sa frontière de Martin des potentiels d'un type nouveau. La topologie la moins fine rendant continus ces potentiels fournit une notion de limite qu'on utilise pour caractériser les points minimaux, et étudier l'allure à la frontière des fonctions surharmoniques positives dans Ω.

1. La théorie de R. S. Martin (1) appliquée à l'espace de Green (2) Ω, de fonction de Green G, introduit une frontière Δ qui forme avec Ω un espace compact métrisable $\overline{\Omega}$. Pour P fixé dans Ω, $G(M, P)/G(M, P_0)$, (P_0 fixé), fonction de M définie dans Ω, se prolonge continûment selon une fonction K(M, P) dans $\overline{\Omega}$; et K(Q, P), ($Q \in \Delta$), harmonique en $P \in \Omega$, correspond biunivoquement à Q. On sait aussi que toute fonction $u(P)$ harmonique positive dans Ω s'exprime selon $\int K(M, P)\, d\mu(M)$, où μ est une mesure > 0 de Radon sur Δ; μ est unique (et dite alors canonique) si elle ne charge que l'ensemble Δ_1 des points minimaux Q [caractérisés par la condition que K(Q, M) soit minimale, c'est-à-dire telle que toute fonction harmonique positive inférieure lui soit proportionnelle].

On supposera P_0 distinct d'un « point à l'infini » de Ω, si la dimension τ de Ω est $\geqq 3$.

2. *La mesure* $\mu_{Q,\lambda}$ *et les moyennes* (Q, λ). — Soit $Q \in \overline{\Omega}$, différent de P_0, et $\lambda > 0$ (avec $\lambda < G(Q, Q)/[G(Q, P_0)]^2$ si Q est un point à l'infini de Ω). Alors $\inf[K(Q, M), \lambda G(M, P_0)]$ est un potentiel de Green que l'on peut écrire $\int [G(M, P)/G(P, P_0)]\, d\mu_{Q,\lambda}(P)$; $\mu_{Q,\lambda}$ est une mesure positive dans Ω; $\int d\mu_{Q,\lambda} = 1$. Pour une fonction f dans Ω, $\int f\, d\mu_{Q,\lambda}$ sera dit sa moyenne (Q, λ).

(4) *Équations intégrales et transformation de Laplace*, Paris, 1950, p. 64-67.

(1) *Trans. Amer. Math. Soc.*, 49, 1941, p. 137-172.

(2) M. Brelot et G. Choquet, *Ann. Inst. Fourier*, 3, 1951, p. 199-263.

3. *Le noyau* Θ. *Les potentiels* Θ. — Partons de

$$\Theta(M, P) = \frac{G(M, P)}{G(M, P_0)\, G(P, P_0)}$$

(M et P dans $\Omega - \{P_0\}$). P étant fixé, on fait d'abord un prolongement par continuité dans $\overline{\Omega}$, ce qui donne $K(M, P)/G(P, P_0)$, encore noté $\Theta(M, P)$. Un second prolongement résulte du

THÉORÈME 1. — *Pour tout* $Q \in \Delta$, *il existe une fonction* > 0 *minima de* M *dans* $\overline{\Omega}$, *qu'on notera* $\Theta(Q, M)$, *qui est égale à cette fonction dans* Ω, *est semi-continue inférieurement, et majore en tout* Q' *toutes ses moyennes* (Q', λ). *Elle est symétrique en* M, Q *et* $\Theta(Q, Q) = +\infty$.

On donnera plus loin une autre caractérisation de ce noyau Θ [3].

Le potentiel-Θ d'une mesure $\mu > 0$ dans $\overline{\Omega} - \{P_0\}$ sera défini hors P_0 par $U^\mu(M) = \int \Theta(M, P)\, d\mu(P)$ supposé non partout infini. Il est semi-continu inférieurement; sa moyenne (Q, λ) est finie, $\leq U^\mu(Q)$, et tend vers $U^\mu(Q)$ quand λ tend vers sa borne supérieure ($+\infty$ si Q n'est pas un point à l'infini).

Si ν_Q est la mesure canonique associée à $K(Q, M)$ minimale ou non ($Q \in \Delta$) :

$$\Theta(Q, M) = U^{\nu_Q}(M) \tag{1}$$

et

$$U^\mu(Q) = \int U^\mu(P)\, d\nu_Q(P), \tag{2}$$

ce qui détermine U^μ par ses valeurs sur $\Omega \cup \Delta_1$. La donnée de U^μ détermine μ sur Ω, et il existe une seule μ_0 sur $\Omega \cup \Delta_1$ telle que $U^{\mu_0} = U^\mu$ (mesure canonique associée).

4. *L'effilement dans* $\overline{\Omega}$. — Un ensemble $E \subset \overline{\Omega}$ sera dit effilé au point $Q \notin E$ si Q est isolé de $E \cup \{Q\}$, sinon s'il existe un potentiel-Θ de masses > 0, U, tel que $U(Q) < \liminf_{M \to Q,\, M \in E} U(M)$, ce qui équivaut, si $E \subset \Omega$, à l'existence d'un potentiel-Θ de masses > 0 sur Ω, fini en Q et tendant vers $+\infty$ sur E. C'est la notion ordinaire si $Q \in \Omega$.

THÉORÈME 2. — *Les points minimaux sont les points de* Δ *où* Ω *n'est pas effilé.*

On se sert pour cela d'une propriété qui caractérise dans Ω les fonctions $K(Q, M)$ minimales, leur invariance par extrémisation sur tout ensemble de Ω auquel Q n'est pas adhérent [4].

---

(3) Une construction intuitive de Θ est la suivante : on part de $K(Q, M)$, on *l'extrémise* hors d'un compact $\alpha \subset \Omega$ (c'est-à-dire qu'on la minimise hors α en lui conservant la propriété d'être > 0 et quasi-surharmonique dans Ω), puis on prend la *pente* en Q' (quotient-limite par G_{P_0}), et enfin la limite de cette pente quand α tend en croissant vers Ω.

(4) *Voir* MARTIN, *loc. cit.* et M. BRELOT, *Ann. Univ. Grenoble, Math. Phys.*, **23**, 1948, p. 113-138.

Remarque. — Partant du premier prolongement de Θ, on voit que $\Theta(Q, Q')$ vaut en $Q' \in \Delta_1$ la $\liminf_{M \to Q', M \in \Omega} \Theta(Q, M)$, et on passe au cas de Q' quelconque $\in \Delta$ par

$$\Theta(Q, Q') = \int \Theta(Q, P)\, d\nu_{Q'}(P).$$

Pour Q minimal, et un potentiel-Θ noté U, $\liminf_{M \to Q, M \in \Omega} U(M)/\Theta(Q, M)$ est finie $\geqq 0$, égale à la charge de Q pour la mesure canonique associée à U ; puis, en utilisant la propriété minimale de l'extrémale, on obtient :

THÉORÈME 3. — *Pour que* $E \subset \Omega$ *soit effilé en* Q *minimal non isolé de* $E \cup \{Q\}$, *il faut et il suffit qu'il existe un potentiel-*Θ *de masses* > 0, U, *tel que*

$$\liminf_{M \to Q, M \in \Omega} \frac{U(M)}{\Theta(Q, M)} < \liminf_{M \to Q, M \in E} \frac{U(M)}{\Theta(Q, M)},$$

ou (ce qui est équivalent) un potentiel U *tel que*

$$\frac{U(M)}{\Theta(Q, M)} \to +\infty \ (M \to Q,\ M \in E).$$

Les ensembles contenant un point Q et de complémentaire effilé en Q son les voisinages de ce point dans la topologie $\mathcal{T}$ la moins fine sur $\overline{\Omega} - \{P_0\}$ rendant continus les potentiels-Θ; toute limite selon $\mathcal{T}$ est dite pseudo-limite ou limite fine.

Si $f(M)$ définie dans $\omega \subset \Omega$ admet la pseudo-limite l en un point-frontière Q où ω n'est pas effilé, il existe E effilé fixe tel que $f(M) \to l$ quand $M \in \omega \cap CE$ tend vers Q au sens de la topologie de Martin.

D'après cela, pour tout potentiel-Θ noté U, U(M) et $U(M)/\Theta(Q, M)$, considérés seulement sur Ω, admettent en tout point minimal Q des pseudo-limites égales à leurs limites inférieures respectives en ce point.

5. *Application à l'étude des fonctions surharmoniques positives au voisinage de la frontière de Martin.* — Soit, dans Ω, φ surharmonique > 0 dont les masses associées ne chargent pas P_0 ; alors φ est de la forme $G(M, P_0) \int \Theta(M, P)\, d\mu(P)$, où l'on pourra supposer μ canonique (et réciproquement). Par suite :

En tout point minimal Q, $\varphi(M)/G(M, P_0)$ *admet une pseudo-limite* > 0 *finie ou* $+\infty$, *égale à* $\liminf_{M \to Q, M \in \Omega} [\varphi, (M)/G(M, P_0)]$, *et à* $\int \Theta(Q, P)\, d\mu(P)$.

Si de plus $\limsup_{M \to Q} G(M, P_0)$ est > 0 on conclut à l'existence d'une pseudo-limite pour φ.

Pour Q *minimal*, $\varphi(M)/K(Q, M)$ *admet en* Q *une pseudo-limite finie* $\geqq 0$, *égale à* $\liminf_{M \to Q, M \in \Omega} [\varphi(M)/K(Q, M)]$, *et à la charge de* Q *pour la mesure* μ *canonique*.

Ces résultats étendent au cas général des théorèmes de M[me] Lelong ([5]) relatifs au demi-espace; ils permettent aussi, dans le cas d'un point-frontière irrégulier d'un ouvert de $\overline{\mathrm{R}}^r$, de retrouver d'autres théorèmes connus ([6]).

ÉLASTICITÉ. — *Sur les corps viscoélastiques à comportement linéaire.* Note de M. **Jean Mandel**, présentée par M. Joseph Pérès.

Le comportement d'un corps viscoélastique est dit linéaire lorsque les effets des forces s'ajoutent. Nous montrons ici que l'utilisation du calcul symbolique simplifie énormément la théorie des corps de ce type et la ramène à la théorie de l'élasticité.

Soit, à un instant t, F la force appliquée à un corps viscoélastique et q une variable caractérisant sa déformation. On suppose F et q nuls pour $t < 0$. On rappelle les définitions et relations suivantes :

1° Force appliquée à l'instant zéro, maintenue constante ensuite :

(1) $$q(t) = \mathrm{F} f(t) \qquad [f(t), \text{ fonction de fluage}].$$

2° Déformation imposée à l'instant zéro, maintenue constante ensuite :

(2) $$\mathrm{F}(t) = q r(t) \qquad [r(t), \text{ fonction de relaxation}].$$

3° Force variant suivant une loi quelconque $\mathrm{F}(t)$ pour $t > 0$:

(3) $$q(t) = \mathrm{F}(0) f(t) + \int_0^t f(t-\tau)\,\mathrm{F}'(\tau)\,d\tau.$$

4° Déformation variant suivant une loi $q(t)$ pour $t > 0$:

(4) $$\mathrm{F}(t) = q(0) r(t) + \int_0^t r(t-\tau)\,q'(\tau)\,d\tau.$$

Introduisons les transformées de Carson des diverses fonctions de t. Nous les désignons par la même lettre que leurs originales en affectant cette lettre d'une croix. Les relations (3) et (4) s'écrivent alors

(3') $$\overset{+}{q}(p) = \overset{+}{f}(p)\,\overset{+}{\mathrm{F}}(p),$$

(4') $$\overset{+}{\mathrm{F}}(p) = \overset{+}{r}(p)\,\overset{+}{q}(p);$$

d'où

(5) $$\overset{+}{f}(p)\,\overset{+}{r}(p) = 1,$$

$\overset{+}{r}(p)$ est d'après (4') un module symbolique d'élasticité. On peut donner une signification physique à ce module en considérant une déformation $q = \lambda e^{pt}$,

([5]) M[me] J. Lelong-Ferrand, *Ann. Éc. Norm. Sup.*, 1949, p. 125-159.

([6]) M. Brelot, *Ann. Univ. Grenoble*, *Math. Phys.*, 22, 1946, p. 205-219.

p étant un nombre complexe à partie réelle non négative. Pour t assez élevé, on obtient d'après (4) :

$$F(t) \simeq \overset{+}{r}(p)\, q(t),$$

$\overset{+}{r}(i\omega)$ coïncide donc avec la grandeur connue sous le nom de module dynamique complexe, qui correspond à une déformation sinusoïdale de pulsation ω.

Soit maintenant un élément viscoélastique isotrope auquel est imposée à l'instant o une déformation de tenseur e_{ij} maintenue constante ensuite. En vertu de l'isotropie, le tenseur t_{ij} des contraintes sera défini par la relation

$$(6) \qquad t_{ij} = \lambda(t)\,\theta\,\delta_{ij} + 2\mu(t)\,e_{ij}, \qquad \text{où} \quad \theta = \sum_i e_{ii}$$

(δ_{ij}, tenseur unité), où figurent deux fonctions de relaxation. La fonction $\mu(t)$ s'obtient expérimentalement par un essai de torsion.

En introduisant les transformées de Carson, on obtient, pour une déformation quelconque en fonction de t

$$(7) \qquad \overset{+}{t}_{ij} = \overset{+}{\lambda}(p)\,\overset{+}{\theta}\,\delta_{ij} + 2\overset{+}{\mu}(p)\,\overset{+}{e}_{ij}.$$

Toutes les relations de l'Élasticité se transposent ensuite immédiatement, les différentes grandeurs étant remplacées par leurs transformées. Ainsi la solution d'un problème de fluage ou de relaxation se trouve-t-elle ramenée à celle du problème d'élasticité correspondant.

Au lieu des fonctions de relaxation $\lambda(t)$, $\mu(t)$, on peut introduire deux fonctions de fluage. Si un état de contrainte t_{ij} est exercé à l'instant o et ensuite maintenu constant, on a

$$(8) \qquad 2e_{ij} = \alpha(t)\,t_{ij} - 3\beta(t)\,n\,\delta_{ij}, \qquad \text{où} \quad 3n = \sum_i t_{ii}.$$

Un essai de fluage en torsion détermine la fonction $\alpha(t)$. Un essai de fluage en traction [t_{11} seule coordonnée non nulle du tenseur t_{ij}, d'où $2e_{11} = (\alpha - \beta)\,t_{11}$] détermine la fonction $A(t) = (\alpha - \beta)/2$.

L'essai de relaxation en traction détermine une fonction de relaxation $E(t)$, telle que $t_{11} = E(t)\,e_{11}$ (si $e_{11} =$ const. et $t_{ij} = 0$ sauf pour $i = j = 1$). Pour la traction et pour la torsion les fonctions de fluage et de relaxation sont liées par la relation (5), d'où

$$\overset{+}{\alpha}\overset{+}{\mu} = 1, \qquad \overset{+}{E}\overset{+}{A} = 1.$$

Enfin en posant $\overset{+}{\alpha} = 2(1 + \sigma')\overset{+}{A}$ d'où $\overset{+}{\beta} = \overset{+}{\alpha} - 2\overset{+}{A} = 2\overset{+}{A}\sigma'$ on déduit de (8), pour un tenseur t_{ij} fonction quelconque de t

$$(9) \qquad \overset{+}{E}\,\overset{+}{e}_{ij} = (1 + \sigma')\,\overset{+}{t}_{ij} - 3\sigma'\,\overset{+}{n}\,\delta_{ij},$$

relation classique d'élasticité équivalente à (7).

Deux exemples montreront la commodité de la méthode précédente :

1° Dans les formules donnant les flèches d'une poutre ou d'une structure élastique fléchies intervient au dénominateur le module d'Young E. L'originale de $1/\overset{+}{E}$ étant $A(t)$, ces formules s'appliquent au fluage sous charges fixes en remplaçant simplement $1/E$ par $A(t)$.

2° Soit un massif semi-indéfini homogène limité par le plan $z=0$. Une force P, normale à ce plan, appliquée en O, produit en M un déplacement dont les composantes radiale (u) et parallèle à $Oz(w)$ sont, en élasticité, définies par

$$u = \frac{P}{4\pi\rho}\left[\frac{1}{\mu}\frac{rz}{\rho^2} - \frac{1-2\sigma}{\mu}\frac{r}{z+\rho}\right],$$

$$w = \frac{P}{4\pi\rho}\left[\frac{1}{\mu}\left(1+\frac{z^2}{\rho^2}\right) + \frac{1-2\sigma}{\mu}\right],$$

r désignant la distance de M à Oz, $\rho = (r^2+z^2)^{\frac{1}{2}}$.

Les mêmes formules restent valables pour un massif viscoélastique en remplaçant $1/\mu$ par $\alpha(t)$ et $(1-2\sigma):\mu$ par $\gamma(t)$, $\gamma(t)$ désignant l'originale de $(1-2\sigma'):\overset{+}{\mu} = \overset{+}{\alpha}(3-\overset{+}{\alpha}/\overset{+}{A})$.

La fonction $\gamma(t)$ peut être déterminée expérimentalement au moyen d'un poinçon circulaire de rayon R. Pour un massif élastique le déplacement subi par le poinçon soumis à la force P serait

$$w = \frac{P}{2R}\frac{1-\sigma^2}{E} = \frac{P}{4R}\frac{1-\sigma}{\mu}.$$

Or

$$\frac{1-\sigma'}{\overset{+}{\mu}} = \frac{1}{2}(\overset{+}{\alpha}+\overset{+}{\gamma}).$$

Par conséquent pour un massif viscoélastique :

$$w = \frac{P}{8R}[\alpha(t)+\gamma(t)].$$

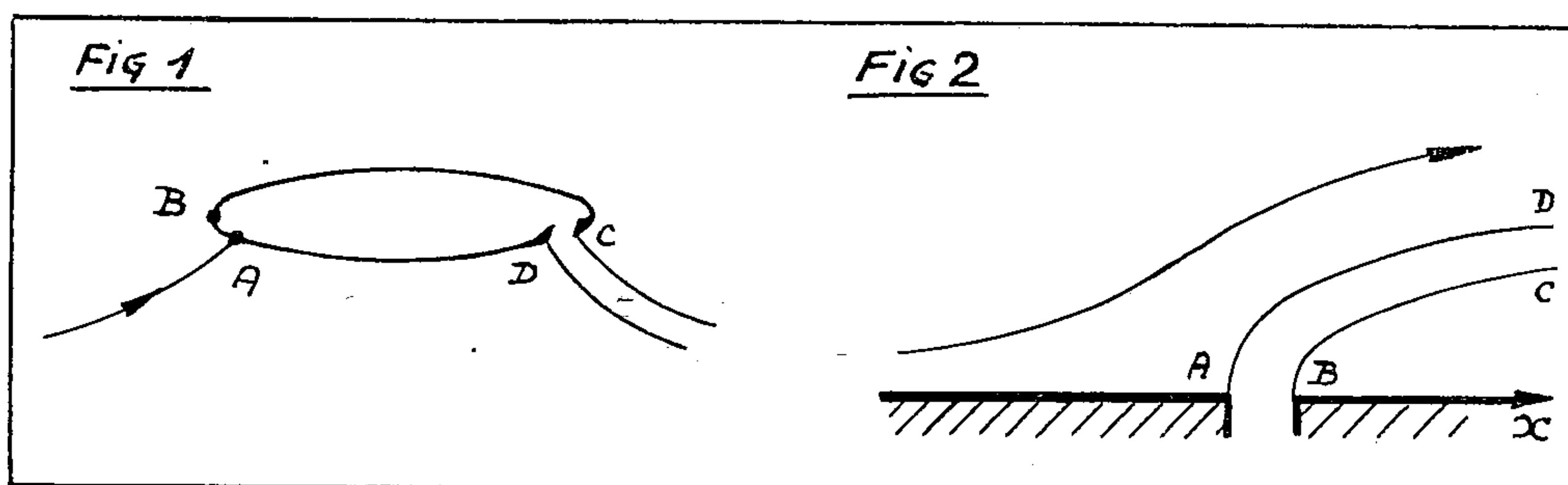
MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Action d'un jet transversal à un écoulement.* Note de M. **Marcel Kadosch**, présentée par M. Henri Villat.

Le contrôle des écoulements par un jet transversal est une technique nouvelle, dont plusieurs applications aéronautiques sont en plein développement : déviation et striction d'un jet par soufflage transversal d'un jet auxiliaire, contrôle de la circulation autour d'un profil par soufflage transversal au bord de fuite de ce profil, etc.

Nous proposons une méthode de calcul de ce mode de contrôle, tendant à démontrer que l'action du jet est due à un *effet d'ajutage*, en supposant le flux auxiliaire assujetti à la condition aux limites suivante : dans la section de sortie de l'ajutage le vecteur vitesse est parallèle à une direction donnée.

Nous supposons pour simplifier les fluides principal et auxiliaire parfaits, incompressibles, de même pression totale, et l'écoulement bidimensionnel. A l'infini aval, la vitesse w_0 est uniforme et parallèle à Ox dans les deux flux.

Premier exemple : Contrôle de la circulation autour d'un profil (fig. 1). — Considérons un profil dérivé du cercle $(C) : Z = ae^{i\sigma}$ par la représentation conforme $z(Z)$; et soit μ l'angle avec Ox de la normale extérieure au profil orienté, qui porte en outre une fente de soufflage d'intrados CD au voisinage du bord de fuite, le long de laquelle la vitesse fait l'angle θ_1 avec Ox.



Soit $w = (df/dz) = |w| e^{-i\theta}$ la vitesse complexe, qui s'annule au point d'arrêt A supposé provisoirement connu. θ est une fonction connue de σ

$$\theta = \mu - \frac{\pi}{2} \text{ sur AD}, \qquad \theta = \mu - \frac{3\pi}{2} \text{ sur ABC}, \qquad \theta = \theta_1 \text{ sur CD}.$$

La vitesse w est alors donnée en fonction de Z par

$$\log w = \log w_0 + \frac{1}{2\pi} \int_{(C)} \theta(\sigma) \frac{Z' + Z}{Z' - Z} \frac{dZ'}{Z'}.$$

Considérons par exemple le profil aplati, de longueur $l = 4a$, dérivé de (C) par la représentation conforme : $z = Z + a^2 Z^{-1}$.

Désignant par α et β des angles positifs inférieurs à π, nous poserons

$$\sigma_A = \pi + \alpha; \qquad \sigma_B = \pi; \qquad \sigma_C = 0; \qquad \sigma_D = 2\pi - \beta.$$

On trouve

$$w = w_0 \frac{Z + ae^{i\alpha}}{Z + a} \left(\frac{Z - a}{Z - ae^{-i\beta}} \right)^{\frac{\theta_1}{\pi}},$$

avec la condition qui fixe la position de A : $\pi\alpha + \beta\theta_1 = 0$. Si l'on achève les calculs dans le cas où $\theta_1 = -\pi/2$; $\beta = 2\alpha$, il vient :

Largeur de fente : $\lambda = l \sin^2\alpha$, $\alpha < \pi/3$;

Circulation autour du profil : $\Gamma = 2aw_0\pi \sin\alpha(1 + \cos\alpha)$;

Débit masse du jet auxiliaire : $\delta = \rho(\psi_c - \psi_D) = 2a\rho w_0 \pi \cos\alpha(1 - \cos\alpha)$;

Coefficient de portance : $C_y = \pi \sin\alpha(1 + \cos\alpha)$;

Coefficient de Poisson-Quinton : $C_\mu = \pi \cos\alpha(1 - \cos\alpha)$.

Le potentiel $f(z)$ se présente dans le plan t défini par

$$t^2(Z-a) = Z - ae^{-2i\alpha}$$

comme la somme de quatre sources-tourbillons-doublets placés aux points $t = \pm 1$ et $t = \pm e^{-i\alpha}$, l'écoulement étant représenté dans le quart de ce plan tel que $-\alpha/2 < \operatorname{Arg} t < (\pi - \alpha/2)$.

Deuxième exemple : Pénétration d'un jet dans un écoulement (*fig.* 2). — L'écoulement considéré, limité par $x'Ox$, occupe le demi-plan supérieur. Le jet issu de la fente AB fait à l'origine l'angle $\theta_1 = \pi/2$ avec Ox, il est compris entre la ligne de courant AD et la ligne de jet BC le long de laquelle $p = p_0$ et $w = w_0$. Nous supposons que la fente AB est une équipotentielle : $\varphi = 0$, et nous désignons par ψ_1 le débit-volume du jet. L'écoulement est représenté sur le demi-plan supérieur du plan (Z) par la transformation

$$\frac{\pi}{\psi_1}\frac{df}{dZ} = \left(\frac{Z+1}{Z-1}\right)^{\frac{1}{2}}$$

et sur l'intérieur du demi-cercle supérieur de rayon 1 du plan (ζ) par la transformation

$$Z = 2\frac{\zeta^2+1}{(\zeta-1)^2} \qquad (\zeta_0 = e^{i\sigma_0} \text{ correspondant au point A}).$$

La vitesse satisfaisant aux conditions aux limites imposées est donnée par

$$w = w_0\left(\frac{1-\zeta e^{-i\sigma_0}}{\zeta - e^{-i\sigma_0}}\right)^{\frac{1}{2}}.$$

La largeur de fente a pour expression $\lambda = 6\psi_1/(\pi w_0)$ et la ligne de jet BC est une parabole d'équation $3y^2 = 4\lambda x$.

Les cas de la striction et de la déviation se traitent de façon analogue, en limitant l'écoulement par une demi-paroi parallèle à Ox, ou par une deuxième ligne de jet : $\psi = \psi_0$.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *L'agitation des eaux des modèles portuaires sous l'action des houles de faible période.* Note (*) de MM. **Achyut Apté** et **Clovis Marcou**, transmise par M. Joseph Pérès.

Dans une Note précédente [1] — dont nous reprenons les notations et les références, — nous avons décrit le dispositif et les moyens de mesure utilisés et donné quelques exemples des confirmations apportées par nos expériences à la théorie de A. pour les périodes supérieures à 0,83 s.

(*) Séance du 14 décembre 1955.

[1] Achyut Apté et Clovis Marcou, *Comptes rendus*, 241, 1955, p. 1702.

La théorie faisait prévoir, pour des périodes inférieures à 0,83 s, l'existence d'un mouvement transversal dans le canal qui ne se limitait plus au voisinage immédiat de l'entrée du port, et les vérifications auraient été plus intéressantes encore que pour les périodes moyennes. Nos efforts n'ont pu aboutir à l'observation d'une configuration stable. Les profils attendus sont quelquefois apparus d'une manière fugitive, mais sans laisser le temps de procéder aux mesures de vérification des calculs. Nous en donnons l'explication suivante basée sur l'examen du tableau qui donne en secondes les périodes résonnantes T en fonction des nombres *m* et *n* des nœuds d'oscillations respectivement le long des quais Sud et Nord d'une part et Est et Ouest d'autre part.

m. *n*.......	0.	1.	2.	3.	4.	5.	6.
0.......	–	3,555	1,858	1,319	1,063	0,916	0,819
1.......	4,015	2,698	1,718	1,277	1,046	0,907	0,814
2.......	2,079	1,835	1,451	1,176	0,999	0,882	0,799
3.......	1,460	1,382	1,220	1,0626	0,940	0,848	0,778
4.......	1,164	1,131	1,053	0,962	0,879	0,810	0,752
5.......	0,994	0,977	0,934	0,879	0,823	0,771	0,725
6.......	0,883	0,874	0,848	0,812	0,773	0,734	0,698
7.......	0,805	0,799	0,783	0,758	0,730	0,700	0,671

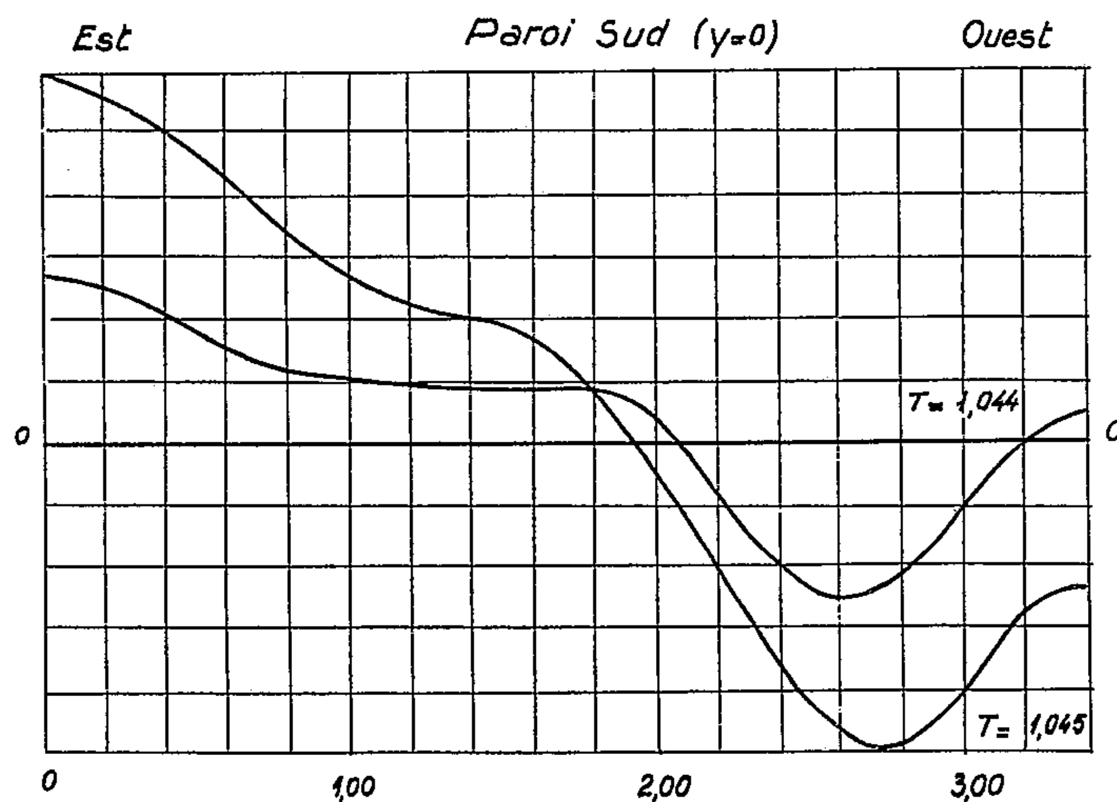
On constate que, lorsque *m* et *n* augmentent, les valeurs correspondantes de la période $T_{m,n}$ se rapprochent; c'est ainsi qu'elles coïncident à 0,001 s près pour les configurations 5-3 et 4-4, pour les configurations 6-2 et 3-5; à 0,0001 près pour les configurations 7-1 et 2-6. On en trouve 5 entre 0,800 et 0,820 s. Ces configurations sont essentiellement différentes puisque pour que $k_{m,n}$ varie peu, il faut que *m* et *n* aient des variations qui se compensent, c'est-à-dire de sens inverse. On doit en conclure que, dans cette zone d'accumulation de périodes résonnantes, les amplitudes d'oscillations suivant une verticale déterminée doivent varier très rapidement lorsque la période varie.

Ce point a d'ailleurs été vérifié dans A., où on trouvera le calcul des amplitudes le long du quai Sud pour les périodes 1,044 et 1,045 s voisines des périodes 1,046 et 1,053 s correspondant respectivement aux configurations 1-4 et 4-2 qui n'ont pu être utilisées. On voit que, lorsque la période varie de 0,001 s, les amplitudes varient en presque tous les points du simple au double ou à la moitié (*fig.* 1). On conçoit que, dans ces conditions, la moindre irrégularité dans le fonctionnement du batteur trouble la configuration obtenue et on peut même se demander si un batteur réglé à 0,0001 s près ou même à 0,00001 s pourrait établir, à partir d'une eau tranquille, le régime qui lui correspond dans les calculs d'Apté.

Une telle instabilité est un accident dans la région des périodes moyennes

où en général les configurations évoluent assez lentement en fonction de la période, elle est la règle pour les périodes inférieures à 0,83 s.

Signalons, d'autre part, que nous n'avons jamais pu obtenir de configuration avec $n = 0$, c'est-à-dire, en conservant pour notre terminologie



la référence au plan de symétrie du canal, de clapotis transversal dans le port. Là encore on peut se demander si l'établissement du régime à partir d'une eau calme est possible.

L'évolution rapide des configurations en fonction de la période nous paraît enfin d'un grand intérêt pour la technique des modèles réduits d'ouvrages portuaires. Lorsque le calcul des périodes propres pour le modèle utilisé est impossible, il y a lieu de procéder à l'exploration continue de la gamme des périodes utiles : à défaut, on risque de laisser échapper des mouvements intéressants.

ASTRONOMIE. — *Étude statistique des mouvements stellaires.* II. *Cas des étoiles* dG 0. Note (*) de M. **Jean-Louis Rigal**, présentée par M. André Danjon.

On applique à 235 étoiles dG 0 une méthode d'estimation de la magnitude absolue et des moments des vitesses. L'échantillon est homogène et les magnitudes absolues voisines de 4,6. Nous ne trouvons pas de déviation du vertex.

235 étoiles non doubles sont classées dF 9, dG 0, dG 1, dG 2 dans le catalogue de Wilson ([1]) et figurent dans le G. C. ([2]). Les vitesses radiales ont en général

(*) Séance du 14 décembre 1955.

([1]) *General Catalogue of Stellar Radial Velocities*, 1953.

([2]) B. Boss, *General Catalogue of* 33.342 stars, 1936.

un poids élevé et les mouvements propres sont si grands que toute correction systématique s'avère inutile. La répartition en ascension droite et déclinaison des étoiles est assez régulière. A partir de ces données nous cherchons l'apex, le vertex et la distribution des magnitudes absolues les plus vraisemblables.

Les notations figurent dans la Note I ([3]).

La méthode des moindres carrés appliquée aux vitesses radiales, non pondérées, conduit à l'apex (on indique les écarts types d'échantillonnage)

$$-U_1 = 31{,}3 \pm 4, \quad -V_1 = 18{,}7 \pm 4{,}4, \quad -W_1 = 4{,}1 \pm 4 \quad (K = -1{,}6 \pm 2{,}7)\ \text{km.s}^{-1}.$$

De même l'équation

$$\partial[kp + U \sin l - V \cos l]^2 + \partial[kq + U \cos l \sin b + V \sin l \sin b - W \cos b]^2 = 0.$$

a pour solution

$$-U_2 = (26{,}8 \pm 4{,}7)\,k, \quad -V_2 = (13{,}8 \pm 4{,}6)\,k, \quad -W_2 = (5{,}6 \pm 3{,}2)\,k.$$

Nous nous proposons de déterminer k, $-U$, $-V$, $-W$ de manière à réaliser le meilleur accord entre les deux séries de valeurs précédentes. Pour cela, remarquons que la méthode des moindres carrés, qui suppose les erreurs d'observations nulles et la répartition des vitesses maxwellienne, donne en fait pour l'apex une loi de probabilité de la forme

$$P_{r_1} = \lambda_1 \exp - Q(U, V, W) \quad \text{à partir des vitesses radiales}$$

et

$$P_{r_2} = \lambda_2 \exp - Q(k, U, V, W) \quad \text{à partir des vitesses tangentielles réduites.}$$

On obtient facilement le maximum de $P_{r_1} P_{r_2}$ qui a lieu pour

$$k = 1{,}173, \quad -U = 31{,}9, \quad -V = 16{,}9, \quad -W = 4{,}8\ \text{km.s}^{-1},$$

les écarts sur U, V, W, étant de l'ordre de $3\ \text{km.s}^{-1}$.

Si les dG0 avaient toutes la même magnitude $M_0 = 4{,}66$, leur parallaxe séculaire serait celle correspondant à $k = 1{,}17$.

Ceci étant, la détermination de l'ellipsoïde des vitesses peut se faire à partir de l'équation

$$\vec{s} = {}^*\vec{s} + \vec{S} = k\vec{t} + \vec{\rho}, \qquad \text{d'où} \qquad hu = t_1 + h\rho_1.$$

Si la population stellaire est homogène, h et u sont indépendants, d'où

$$\bar{h}\,\bar{u} = \bar{t}_1 + \bar{h}\bar{\rho}_1 \qquad \text{et} \qquad \bar{u}_1^2 = K\bar{t}_1^2 + \bar{\rho}_1^2 + 2\overline{ht_1\rho_1}K,$$

mais

$$ht_1\rho_1 = h^2 kt_1\rho_1 = h^2(u - \rho_1)\,\rho_1 = h^2 u\rho_1 - h^2\rho_1^2$$

et

$$\overline{u\rho_1} = \bar{u}^2\,\overline{\cos^2 l \cos^2 b} + \overline{uv}\,\overline{\sin l \cos l \cos^2 b} + \overline{uw}\,\overline{\sin b \cos l \cos b}.$$

si l'on néglige toute corrélation de u, v, w avec les coordonnées galactiques x, y, z.

([3]) Rigal, *Comptes rendus*, 241, 1955, p. 1714.

On en déduit six relations de la forme

$$\overline{u}^2 = K\overline{t}_1^2 - \overline{\rho}_1^2 - \overline{u\rho}_1$$

qui donnent, par la méthode des moments, l'ellipsoïde de répartition des vitesses.

Remarquons que ce dernier dépend de σ, quantité liée à ΔM que l'on ne peut obtenir ni par la considération des excès comparés de la distribution des t et des ρ (méthode trop sensible aux étoiles à grande vitesse qui troublent fortement la normalité de la répartition des vitesses, donc condamnent toute tentative basée sur les moments supérieurs) ni par l'analyse de variance (trop peu sensible, étant donné notamment l'ignorance où nous sommes des erreurs d'observation). De même l'étude directe des parallaxes trigonométriques n'est pas possible, car leur erreur est de l'ordre de la dispersion ΔM.

Supposant l'ellipsoïde symétrique par rapport au plan galactique, on trouve

	ΔM.	S_1.	S_2.	τ.	l_0.	S_z.
$k = 1,15$ ($M_0 = 4,7$)......	0	48,7	20,4	0,42	325°	22,3
	1	48,1	19,0	0,40	325	22,1
	2	46,0	14,0	0,30	324	19,7
$k = 1,20$ ($M_0 = 4,6$)......	0	52,4	25,7	0,49	326	25,8
	1	51,7	24,6	0,48	325	25,2
	2	49,6	21,0	0,42	324	23,3

La grandeur des axes S_2 et S_z varie fortement avec ΔM. Étant donné la grandeur comparée des dispersions des vitesses tangentielles et radiales, ΔM ne peut être supérieur à 1,5 magnitude.

L'accord avec les résultats de Parenago [4] est bon sauf que, nous ne trouvons pas de déviation du vertex; ceci est en accord avec les résultats de Miss Wehlau [5] qui, étudiant 60 dG 0 ayant de bonnes vitesses spatiales, trouve : $l_0 = 330 \pm 31°$.

Il est difficile de savoir si l'écart existant entre les travaux de Parenago et les nôtres provient d'une faible différence d'échantillonnage, de la méthode de calcul (l'auteur cité se sert de 188 mouvements spatiaux, donc d'étoiles un peu plus proches que les nôtres; de plus la méthode des moments n'est pas correcte lorsqu'on applique à des vitesses provenant d'un mélange très hétérogène d'informations de nature différente, entraînant pour les erreurs une loi de répartition certainement non gaussienne. Il faut enfin tenir compte de la sélection provenant de la nécessité d'avoir une parallaxe mesurée) ou encore du mélange dans notre population d'objets intrinsèquement différents (s'il y avait par exemple des sous-naines, il serait inexact de négliger la corrélation entre k et U, V, W).

([4]) *Travaux de l'Institut de Sternberg*, 20, 1951.

([5]) *Thèse*, inédite, à Berkeley, 1953.

En fait on peut écarter cette dernière objection : un grand nombre d'étoiles mal classées se traduirait par un ΔM élevé; de plus la contingence $C({}^*\rho,\ {}^*t)$ serait beaucoup plus faible que $C({}^*p,\ {}^*q)$. Ces deux faits sont contraires à l'observation qui donne 10 à 15 % d'étoiles ayant à la fois de grandes valeurs ${}^*p$ et ${}^*t$; $C({}^*p,\ {}^*t)$ et $C({}^*p,\ {}^*t)$ sont voisins de 0,9.

Remarquons enfin le bon accord entre les apex déduits des vitesses tangentielles réduites et des vitesses radiales. L'accord est beaucoup moins bon entre les résultats obtenus en traitant par les moindres carrés séparément p, q; t; $4{,}74\, r\mu\alpha\cos\delta$ et $4{,}74\, r\mu\,\delta$. On trouve en effet pour apex (au facteur k près)

à partir de $4{,}74\, ro\,\mu l\cos b$	$30{,}5 \pm 2{,}9$	$13{,}0 \pm 2{,}9$	indéterminé
» $4{,}74\, ro\,\mu b$	$15{,}3 \pm 3{,}3$	$25{,}0 \pm 3{,}0$	$5{,}8 \pm 1{,}7$
» t	$26{,}8 \pm 2{,}2$	$13{,}8 + 2{,}1$	$5{,}6 \pm 2{,}2$
» $4{,}74\, ro\,\mu_\alpha 2\cos\delta$	$25{,}2 \pm 3{,}1$	$11{,}4 \pm 3{,}0$	$8{,}0 \pm 2{,}3$
» $4{,}74\, ro\,\mu\,\delta$	$35{,}0 \pm 3{,}1$	$15{,}9 \pm 3{,}0$	$-0{,}6 + 2{,}3$.

RELATIVITÉ. — *Sur le choix de la métrique en théorie unitaire.*

Note de M. **Pham Tan Hoang**, présentée par M. Louis de Broglie.

Emploi des coordonnées isothermes dans le choix de la métrique.

1. De l'étude des variétés caractéristiques des équations du champ unitaire d'Einstein-Schrödinger ([1]), il résulte que le champ gravitationnel peut être représenté, à un invariant près, par le tenseur covariant associé à la partie symétrique de $g^{\mu\nu}$. Si l'on pose

$$g^{\mu\nu} = h^{\mu\nu} + f^{\mu\nu} \qquad \left(h^{\mu\nu} = g^{\underset{-}{\mu\nu}},\ f^{\mu\nu} = g^{\underset{\vee}{\mu\nu}}\right)$$

et si l'on désigne par $\mathcal{J}$ l'invariant, par $b_{\mu\nu}$ le tenseur gravitationnel, on a donc

$$(1) \qquad b_{\mu\nu} = \mathcal{J}\, h_{\mu\nu}.$$

Nous nous proposons de montrer que la considération des coordonnées isothermes permet de déterminer la valeur de $\mathcal{J}$.

2. Dans la variété affine de la théorie unitaire la condition d'isothermie s'écrit ([2]) :

$$(2) \qquad g^{\alpha\beta}\, L^{\mu}_{\alpha\beta} = 0 \qquad \left(L^{\mu}_{\alpha\beta} = \Gamma^{\mu}_{\alpha\beta} + \frac{2}{3}\delta^{\mu}_{\alpha}\Gamma_{\beta}\right)$$

et dans l'espace riemannien correspondant à la métrique $b_{\mu\nu}$, elle s'écrit :

$$(3) \qquad b^{\alpha\beta}\left\{ \begin{matrix} \mu \\ \alpha\beta \end{matrix} \right\} = 0.$$

([1]) A. Lichnerowicz, *Les Théories relativistes de la Gravitation et de l'Électromagnétisme*, Masson, Paris.

([2]) M. A. Tonnelat, *La Théorie du champ unifié d'Einstein et quelques-uns de ses développements*, Gauthier-Villars, Paris.

Énoncé. — En vertu du premier groupe d'équations du champ :

(4) $$\partial_\rho g^{\mu\nu} + g^{\lambda\nu} L^{\mu}_{\lambda\rho} + g^{\mu\lambda} L^{\nu}_{\rho\lambda} = 0,$$

(5) $$\partial_\rho (\sqrt{-g} f^{\mu\rho}) = 0.$$

l'invariant $\mathcal{J}$ est entièrement déterminé par les deux conditions suivantes :

a. les équations (2) et (3) sont équivalentes;

b. si $f^{\mu\nu} = 0$, le premier membre de (2) se réduit au premier membre de (3).

3. On déduit par contraction de l'équation (4) :

$$\partial_\rho g^{\mu\rho} + g^{\lambda\rho} L^{\mu}_{\lambda\rho} + g^{\mu\lambda} L^{\rho}_{\rho\lambda} = 0.$$

Le premier membre de (2) s'écrit donc

$$g^{\alpha\beta} L^{\mu}_{\alpha\beta} = -(\partial_\rho g^{\mu\rho} + g^{\mu\lambda} L^{\rho}_{\rho\lambda}).$$

Remplaçons $L^{\rho}_{\rho\lambda}$ par sa valeur obtenue en multipliant (4) par $g_{\mu\nu}$:

$$L^{\rho}_{\rho\lambda} = -\frac{1}{2} g_{\mu\nu} \partial_\lambda g^{\mu\lambda} = \frac{\partial_\lambda \sqrt{-g}}{\sqrt{-g}},$$

il vient

$$g^{\alpha\beta} L^{\mu}_{\alpha\beta} = -\frac{1}{\sqrt{-g}} \partial_\rho (\sqrt{-g}\, g^{\mu\rho})$$

ou, en tenant compte de (5) :

(6) $$g^{\alpha\beta} L^{\mu}_{\alpha\beta} = -\frac{1}{\sqrt{-g}} \partial_\rho (\sqrt{-g}\, h^{\mu\rho}).$$

Or on a l'identité

(7) $$b^{\alpha\beta} \left\{ \begin{matrix} \mu \\ \alpha\beta \end{matrix} \right\} = -\frac{1}{\sqrt{-b}} \partial_\rho (\sqrt{-b}\, b^{\mu\rho}).$$

D'autre part on tire de (1) :

(8) $$b = \mathcal{J}^4 h, \qquad b^{\mu\nu} = \frac{1}{\mathcal{J}} h^{\mu\nu}.$$

Nous pouvons donc mettre $g^{\alpha\beta} L^{\mu}_{\alpha\beta}$ sous la forme

$$g^{\alpha\beta} L^{\mu}_{\alpha\beta} = -\frac{1}{\sqrt{-g}} \partial_\rho \left(\sqrt{\frac{g}{b}}\, \mathcal{J} \sqrt{-b}\, b^{\mu\rho} \right)$$

ou encore

(9) $$g^{\alpha\beta} L^{\mu}_{\alpha\beta} = \mathcal{J} \left(b^{\alpha\beta} \left\{ \begin{matrix} \mu \\ \alpha\beta \end{matrix} \right\} \right) - \sqrt{\frac{b}{g}}\, b^{\mu\rho} \partial_\rho \left(\sqrt{\frac{g}{b}}\, \mathcal{J} \right).$$

Sous cette forme nous voyons que pour satisfaire à la condition (*a*) il faut et il suffit que

$$\partial\rho \left(\sqrt{\frac{g}{b}}\, \mathcal{J} \right) = 0,$$

c'est-à-dire

$$\sqrt{\frac{g}{b}}\mathcal{J} = a = \text{const.}$$

En comparant avec (8), il vient

$$\mathcal{J} = \frac{1}{a}\sqrt{\frac{g}{h}}.$$

Cette condition étant remplie, supposons $f^{\mu\nu} = 0$. On a $\sqrt{g/h} = 1$ et $\mathcal{J} = 1/a$. La condition (b) montre que $a = 1$.

Il vient donc

(10) $$\mathcal{J} = \sqrt{\frac{g}{h}}.$$

Nous retrouvons dans (10) le résultat obtenu par S. Mavridès ([3]) en postulant que l'équation en divergence :

$$\partial_\rho(\sqrt{-g}f^{\mu\rho}) = 0$$

conduit à une relation de même forme pour les champs liés au choix de la métrique $b_{\mu\nu}$.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Le postulat d'Einstein concernant la propagation des signaux et les fonctions de Green d'Univers de la théorie quantique des champs.* Note de M. **Olivier Costa de Beauregard**, présentée par M. Louis de Broglie.

Les propagateurs D_+ et D_-, bien connus de la théorie quantique des champs, ainsi que ceux qui en dépendent linéairement, ne sont pas nuls dans l'*ailleurs*, mais le courant de Gordon qui leur est associé est identiquement nul dans l'*ailleurs*.

La théorie quantique des champs a été amenée à définir de nombreux propagateurs, ou fonctions de Green d'Univers. Tous sont des combinaisons linéaires des potentiels retardé D_r et avancé D_a, de la somme à poids égaux des ondes planes à énergies positives D_+ et à énergies négatives D_-. Or, contrairement à D_r et D_a, D_+ et D_- ne sont pas nuls dans l'ailleurs, et ceci soulève *a priori* une difficulté dans leur emploi pour l'intégration de l'équation des ondes.

Rappelons la définition du courant de Gordon pour une onde scalaire ψ solution de l'équation de Gordon (λ, μ, ν, $\rho = 1, 2, 3, 4$; $x_4 = ict$)

(1) $$(\partial_\lambda^\lambda + k_0^2)\psi(x) = 0;$$

(2) $$j^\lambda = -\frac{i}{2k_0}\psi^*[\partial^\lambda]\psi, \qquad [\partial^\lambda] \equiv \underset{\succ}{\partial^\lambda} - \underset{\prec}{\partial^\lambda}.$$

([3]) *J. Phys. Rad.*, 16, 1955, p. 486.

Posant

(3) $$\psi = \rho\, e^{i\theta},$$

on trouve aisément que

(4) $$j^\lambda = \frac{1}{k_0}\rho^2 \partial^\lambda \theta;$$

le courant de Gordon est normal aux hypersurfaces d'égale phase.

La définition des propagateurs D_+ et D_- attachés à l'équation (1) est

(5) $$D_\pm(y - x) = \pm \iiint_{\eta_\pm} e^{ik_\lambda(y^\lambda - x^\lambda)}\, d\eta,$$

où $\eta_\pm$ désignent les deux nappes de l'hyperboloïde

(6) $$\eta(k) \equiv k_\lambda k^\lambda + k_0^2 = 0,$$

et $d\eta$ le module de son élément de volume défini suivant

(7) $$id\eta_\lambda = [\, dk_\mu dk_\nu dk_\rho \,], \qquad k_\lambda d\eta = -\, k_0 d\eta_\lambda.$$

Les fonctions $D_\pm(x)$ sont réelles dans l'*ailleurs* de l'origine O. En effet, si x est du genre espace, on peut toujours se ramener au cas ou $x_4 = 0$. Associons alors par paires les ondes planes k^λ et k'^λ telles que $k^\alpha + k'^\alpha = 0$ ($\alpha, \beta, \gamma = 1, 2, 3$); la contribution à l'intégrale (5) d'une telle paire sera $2 \cos k_\alpha x^\alpha$, donc réelle, et le résultat annoncé s'ensuit. En le rapprochant de celui impliqué dans la formule (4), nous trouvons que le courant de Gordon associé aux propagateurs D_+ et D_- est identiquement nul dans l'*ailleurs*, comme on l'annonçait.

Dans l'onde $D_\pm(x)$, le courant de Gordon est colinéaire aux droites du genre temps issues de O. Ce sont les rayons orthogonaux aux nappes d'hyperboloïde d'égales phases, enveloppes des plans d'égales phases impliqués dans (5). Saisissons cette occasion pour remarquer que le théorème de L. de Broglie concernant la vitesse de groupe est identique à la forme quadridimensionnelle de l'argument de la phase stationnaire et des zones de Fresnel.

Si une fonction de Green d'Univers impliquant linéairement D_+ ou D_- et employée dans la résolution d'un problème de diffraction quadridimensionnelle, nos remarques montrent qu'elle ne peut pas « propager » de corpuscules à une « vitesse supérieure à c », ce qui est conforme au théorème de L. de Broglie. Ce résultat trouve notamment son application dans une formule de Feynman [1], et dans la théorie de la diffraction par une ouverture plane à contour variable, dont nous avons récemment achevé la formulation.

---

[1] *Phys. Rev.*, 76, 1949, p. 753, formule (18).

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *L'inversion du produit de composition en physique.* Note (*) de M. **Max Tournarie**, transmise par M. Francis Perrin.

Dans la réponse des appareillages linéaires à un signal f s'introduit toujours une perturbation. L'élimination de celle-ci dans les calculs de restitution du signal exige un apport d'information. L'introduction du support de f déterminé par une méthode χ_0 permet une deuxième approximation χ_1. Une troisième χ_2 permet d'utiliser la dérivabilité seconde de f au prix d'une distorsion évaluable.

Généralités. — On considère l'observation d'une fonction physique f (continue au moins deux fois dérivable à support borné) à travers un système linéaire de réponse impulsionnelle a. L'équation $r = a \star f$ qui donnerait la fonction observée sans incertitude [1] est mathématiquement réversible : $f = \omega \star r$ [2]. Cette dernière opération qui correspond à l'élimination de l'effet instrumental a été obtenue soit en utilisant les propriétés du produit de composition par l'intermédiaire de la transformée de Fourier [3] soit par essais directs [4]. Cependant r résultant de mesures physiques n'est jamais observé à l'état pur mais seulement inséparablement ajouté à un fond continu et un bruit de fond s qui est repris dans l'inversion : $\omega \star (r + s) = f + \omega \star s$. Or $\omega \star s$ n'est pas une « fonction » (au sens de Schwartz) mais une « distribution » très irrégulière, ou même n'a pas de sens.

Pour évaluer le produit de composition on doit d'abord approcher $r + s$, f et a par les histogrammes d'intervalle élémentaire τ. Le produit de composition est alors un produit matriciel

$$\rho = \alpha\varphi,$$

ρ, φ, σ, sont des vecteurs colonnes à q lignes représentant respectivement r, f, s ; α est une matrice carrée représentant l'effet instrumental a (*fig.* 1). On observe seulement $\rho + \sigma$. On cherche φ. On peut évaluer $\overline{\sigma}$ par estimation ou par mesure directe.

La solution approchée la plus simple à calculer est $\chi_0 = \alpha^{-1}(\rho + \sigma)$. On se rend compte alors que $\alpha^{-1}\sigma$ pourra avoir des valeurs très importantes. Cherchons une matrice θ qui ajoutée à α^{-1} ne change pas la valeur trouvée pour φ c'est-à-dire telle que $\theta\alpha\varphi = 0$ (*fig.* 2) et qui rend $\overline{(\theta + \alpha^{-1})\sigma}$ minimum. La solution sera alors $\chi_0 = (\theta + \alpha^{-1})(\rho + \sigma)$ qui vaut $\varphi + \theta + \alpha^{-1})\sigma$. On peut évaluer $\overline{(\theta + \alpha^{-1})\sigma}$ en fonction de θ, α et $\overline{\sigma}$, notamment par la méthode des moindres carrés.

(*) Séance du 14 décembre 1955.

(1) F. W. Jones, *Proc. Roy. Soc.* A, 166, 1938, p. 16.

(2) Schwartz, *Théorie des distributions*, Hermann, Paris, 1950.

(3) A. R. Stokes, *Proc. Phys. Soc.*, 61, 1948, p. 382.

(4) M. S. Paterson, *Proc. Phys. Soc.*, 63, 1950, p. 477.

L'incertitude est encore grande car on ne peut efficacement augmenter le pouvoir séparateur qu'en comblant au moyen d'un apport la perte d'information liée au produit de composition.

Premier apport. — Dans le traitement précédent on a négligé la connaissance du support de f puisqu'on a donné à la solution la possibilité de s'étendre sur le même support que r. Or en réalité $\text{mes} f = \text{mes}\, r - \text{mes}\, a$.

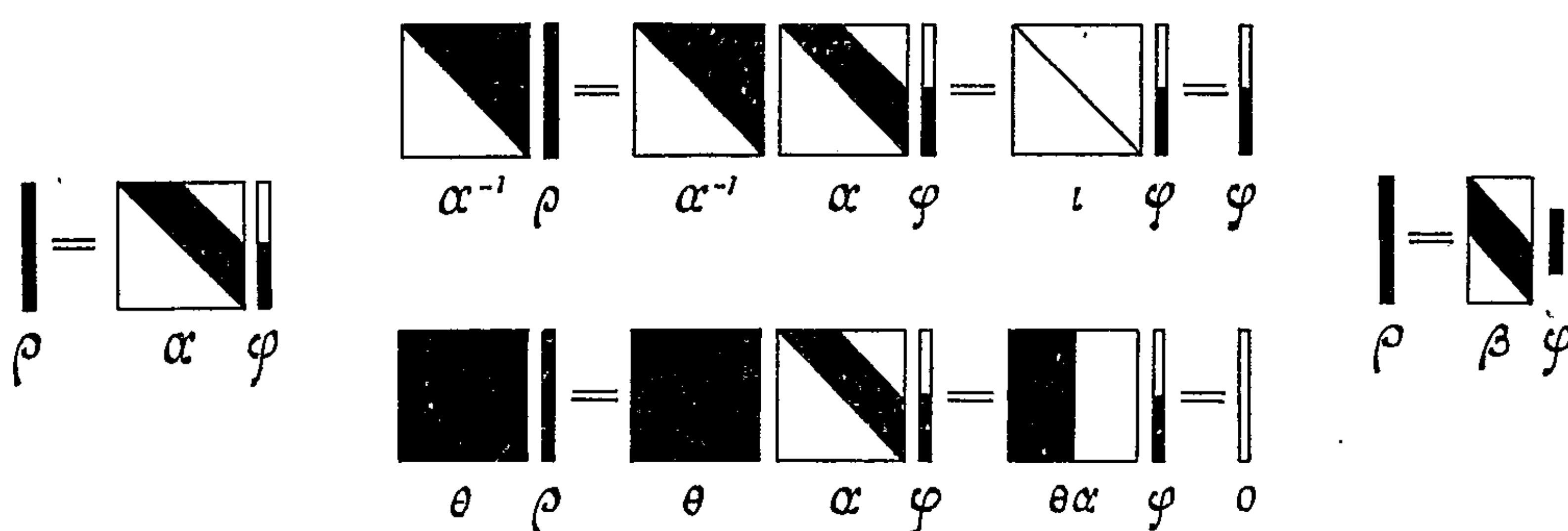


Fig 1. Fig. 2. Fig. 3.

En noir le support des matrices.

Si l'on tronque la matrice α en conséquence on tombe sur une matrice β rectangulaire à q lignes et p colonnes. On a $\rho = \beta\varphi$ (*fig.* 3). On observe $\rho + \sigma$, on peut évaluer $\overline{\sigma}$. On cherche φ.

Cela revient à résoudre un système linéaire surdéterminé. Cherchons une solution χ_1 qui minimise les écarts entre $\rho + \sigma$ et $\beta\chi_1$.

Soit η une matrice diagonale telle que $\eta\overline{\sigma} = \upsilon$ (υ, vecteur colonne dont tous les éléments sont l'unité), et $\partial/\partial\chi$ le vecteur colonne de dérivation.

L'écart quadratique scalaire est $A = (\rho + \sigma - \beta\chi_1)'\eta^2(\rho + \sigma - \beta\chi_1)$.

$'$ désigne la transposée. $\partial A/\partial\chi_1 = 0$ a pour solution

$$\chi_1 = (\beta'\eta^2\beta)^{-1}\beta'\eta^2(\rho + \sigma) \qquad \text{soit} \quad \chi_1 = \varphi + (\beta'\eta^2\beta)^{-1}\beta'\eta^2\sigma.$$

On peut évaluer $\overline{\chi_1\varphi}$ en fonction de β et $\overline{\sigma}$.

Deuxième apport. — Le fait que f est une fonction continue deux fois dérivable nous permet de définir une solution approchée χ_2. Il semble qu'on ne puisse connaître la corrélation entre les éléments des χ_2 qu'après avoir résolu l'équation de composition. Mais puisque cette corrélation ne doit agir que comme une correction, on peut s'en donner une valeur approchée déduite de la solution supposée ou de χ_0 ou de χ_1. Soit ψ la matrice diagonale telle que $\psi(\gamma_p + \gamma_{p+1})\chi_1 = \upsilon$.

γ_h : matrice à $p+1$ lignes et p colonnes dont les diagonales sont nulles sauf la $h^{\text{ième}}$ formée d'éléments unité. Définissons B, scalaire d'autant plus grand que χ_2 est irrégulier

$$B = \chi_2'(\gamma_p - \gamma_{p+1})'\psi(\gamma_p - \gamma_{p+1})\chi_2.$$

Nous cherchons à rendre $A + \lambda B$ minimum.

$d/d\chi (A + \lambda B) = 0$ a pour solution

$$\chi_2 = [\beta'\eta^2\beta + \lambda(\gamma_p - \gamma_{p+1})' \psi(\gamma_p - \gamma_{p+1})]^{-1} \beta'\eta^2(\rho + \sigma),$$

soit

$$\chi_2 = \varphi + \sum_{k=1}^{\infty} (-\lambda\varepsilon)^k \varphi + \left[\iota + \sum_{k=1}^{\infty} (-\lambda\varepsilon)^k \right] (\beta'\eta^2\beta)^{-1} \beta'\eta^2\sigma,$$

avec

$$\varepsilon = (\beta'\eta^2\beta)^{-1} (\gamma_p - \gamma_{p+1})' \psi(\gamma_p - \gamma_{p+1}).$$

Lorsque

$$\tau \to 0, \qquad (\gamma_p - \gamma_{p+1})' \psi(\gamma_p - \gamma_{p+1}) \to \frac{1}{f_0} \frac{d^2}{dt^2}.$$

ce qui montre que l'on a bien introduit l'information sur l'existence de la dérivée seconde. Évidemment ceci introduit une légère distorsion sur χ_2, mais pour un λ convenable, l'effet de régularisation est le plus important. On peut d'ailleurs itérer en prenant une matrice ψ tirée de χ_2.

SPECTROSCOPIE MOLÉCULAIRE. — *Détermination, au moyen de la spectrométrie infrarouge, de quelques constantes thermodynamiques de l'acétyl-méthyl-carbinol.* Note (*) de M. **Camille Duculot**, transmise par M. Jean Cabannes.

L'étude des bandes d'absorption, dues au groupement OH, a permis de déterminer pour l'acétyl-méthyl-carbinol : la chaleur de dissociation de OH, la proportion des formes chélatée et ouverte, la variation d'enthalpie, d'énergie libre et d'entropie et les énergies de dissociation mises en jeu en passant de la forme ouverte à la forme chélatée.

1. Nous avons indiqué précédemment [1] que la forme ouverte de l'acétyl-méthyl-carbinol possédait des maxima d'absorption à : $\nu_1 = 3616$, $2\nu_1 = 7081,2$ et $3\nu_1 = 10395,6\ \text{cm}^{-1}$ se rapportant aux vibrations OH non perturbées. On en déduit, pour une amplitude infiniment petite :

$$\omega_e = 3\,766 \pm 1,5\ \text{cm}^{-1}, \quad \text{avec une constante d'anharmonicité;}$$
$$x_e = 0,02000 \pm 0,00011\ \text{cm}^{-1}.$$

De même, pour l'oscillateur OH chélaté de l'autre forme tautomère, $\nu_2 = 3481$, $2\nu_2 = 6\,808$ et $3\nu_2 = 9\,981\ \text{cm}^{-1}$; d'où

$$\omega'_e = 3\,635 \quad \text{et} \quad x'_e = 0,02117 \pm 0,00012\ \text{cm}^{-1}.$$

En décrivant l'énergie potentielle entre O et H par une fonction de Morse, l'énergie de dissociation de l'oscillateur CH s'obtient, comme on sait par

$$D = \frac{hc\omega_e(1 - x_e)^2}{4x},$$

c, vitesse de la lumière; h, constante de Planck.

(*) Séance du 18 juillet 1955.

(1) *Comptes rendus*, 241, 1955, p. 1738.

En différentiant cette expression et en remplaçant ω_e, ω'_e, x_e et x'_e par leurs valeurs, on trouve $11,76 \pm 1,62$ k cal/mol pour la différence ΔD en passant de la forme ouverte à la forme chélatée.

2. Il faut remarquer expressément qu'il s'agit d'un phénomène de *tautomérie* et non de *mésomérie*, sans quoi le remplacement de OH par D ne pourrait pas conduire aux mêmes résultats. Dans ces conditions, *la constante d'équilibre* K entre les deux formes tautomères : ouverte (a) et chélatée (b) peut se déterminer par deux méthodes : le rapport des surfaces des bandes correspondant aux oscillateurs OH libre et chélaté, et la mesure du coefficient d'extinction moléculaire des bandes du vibrateur OH libre. Dans ce dernier cas, on a choisi la bande $7081,2\ \mathrm{cm}^{-1}$ en raison de la bonne résolution du spectrographe et comparé, pour diverses dilutions, en tenant compte des poids moléculaires, le coefficient d'extinction moléculaire de l'acétyl-méthyl-carbinol avec celui du butanol-2.

On trouve ainsi :

à 293° C :

a : $17,45 \pm 0,35$ % ; b : $82,55 \pm 0,051$ % ; $K = 4,73 \pm 0,140$;

à 340° C :

a : $25,45 \pm 0,51$ % ; b : $74,55 \pm 0,\ 51$ % ; $K = 2,929 \pm 0,079$.

La relation de van t'Hoff, appliquée à plusieurs constantes d'équilibre, conduit à une droite de régression, qui fournit *la chaleur de tautomérisation* ΔH. Elle s'identifie, dans ce cas particulier, avec la variation de l'enthalpie $-\Delta H = 2022 \pm 496$ cal/mol, en accord avec une relation donnée par Davies :

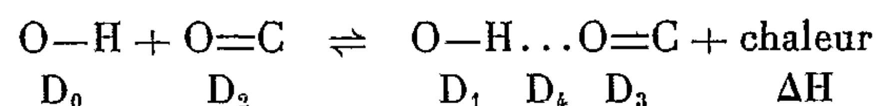
$$\Delta H = \frac{\nu_1 - \nu_2}{\nu_1 + \nu_2} D \sim 2,3 \text{ kcal/mol.}$$

La réaction de tautomérisation est donc exothermique, comme on pouvait s'y attendre, et, à la température ambiante, la forme chélatée possède une stabilité nettement plus grande que la forme ouverte, par suite d'*une différence d'énergie libre* $-\Delta F = 904,23 \pm 32,47$ cal/mol. La relation $\Delta F = \Delta H - T\Delta S$ permet de calculer la variation entropique : $-\Delta S_{293} = 3,48 \pm 1,804$ cal.mol/degré, ce qui indique une diminution sensible de l'entropie.

En considérant la variation de l'énergie libre, on peut montrer que c'est de l'importance relative de ce terme par rapport à la chaleur de tautomérisation que dépend essentiellement l'existence de la bande OH libre. Celle-ci, dans d'autres cas de chélation, peut ne pas exister et seule la bande de OH chélaté apparaît dans le spectre.

3. On peut déterminer, avec la grandeur D_4, de la manière suivante, *la valeur de l'énergie de liaison chélatée* (qui apparaît d'un ordre de grandeur

différent de celui de l'énergie de tautomérisation), D_i représentant les chaleurs de dissociation :



$$\begin{array}{ccccc} O-H & + & O{=}C & \rightleftharpoons & O-H\ldots O{=}C + \text{chaleur} \\ D_0 & & D_2 & & D_1 \quad D_4 \quad D_3 \qquad \Delta H \end{array}$$

Or

$$D_0 + D_2 = D_1 + D_3 + D_4 + \Delta H,$$
$$D_4 = (D_0 - D_1) + (D_2 - D_3) - \Delta H,$$
$$D_4 = \Delta D_{OH} + \Delta D_{C=O} - \Delta H = 10{,}780 \pm 2{,}239\ k\text{cal}|\text{mol}.$$

En conclusion, les déterminations spectrales permettent, par des mesures de fréquences et d'intensités, d'accéder à diverses constantes thermodynamiques de l'acétylméthylcarbinol. Un calcul théorique de perturbations sur l'oscillateur OH par $C=O$ rend bien compte de la valeur de la variation de fréquence observée expérimentalement.

SPECTROSCOPIE MOLÉCULAIRE. — *Étude par spectroscopie infrarouge de la déshydratation et de la réhydratation du phosphate bicalcique.* Note de MM. **Jean Lecomte**, **André Boullé** et Mme **Marcelle Lang-Dupont**, présentée par M. Paul Lebeau.

La spectrographie infrarouge, complétée par les spectres de rayons X et l'étude de la déshydratation à la thermobalance de Chevenard, permet de distinguer, dans le phosphate $PO_4HCa\,2H_2O$, deux espèces d'eau, diversement liées, auxquelles correspondent des maxima d'absorption caractéristiques.

Dans une Note antérieure [1] nous avons montré :

1° que la déshydration de $PO_4HCa\,2H_2O$, lors d'un chauffage à une vitesse de 150° par heure (*fig.* 1), débute à 100° puis subit de 180 à 195° un ralentissement parfois très accentué; l'eau dégagée à $t < 180°$ était considérée comme faiblement « liée »;

2° que seul le phosphate bicalcique anhydre, résultant du chauffage dans l'air sec ou dans le vide, est susceptible de se réhydrater à froid en atmosphère humide. La réhydratation reste partielle et dépend de l'aspect physique des cristaux du phosphate anhydre; or ceux-ci conservent sinon l'éclat du moins la forme des cristaux du phosphate hydraté initial qui varie elle-même avec le mode de préparation. En moyenne, il est possible de fixer $0{,}66\,H_2O$ pour une molécule PO_4HCa, et le spectre X des produits réhydratés présente, outre les raies du sel anhydre (constituant principal), les raies les plus intenses du sel hydraté.

Lorsque la déshydratation s'effectue lors d'un chauffage dans l'air humide ou dans une solution diluée de phosphate monocalcique, la structure cristal-

(1) A. Boullé et Mlle M. Dupont, *Comptes rendus*, 241, 1955, p. 42.

line des corps obtenus est identique à celle des produits préparés précédemment, mais l'aspect physique des cristaux du phosphate bicalcique initial se trouve totalement modifié et la réhydratation n'a pas lieu.

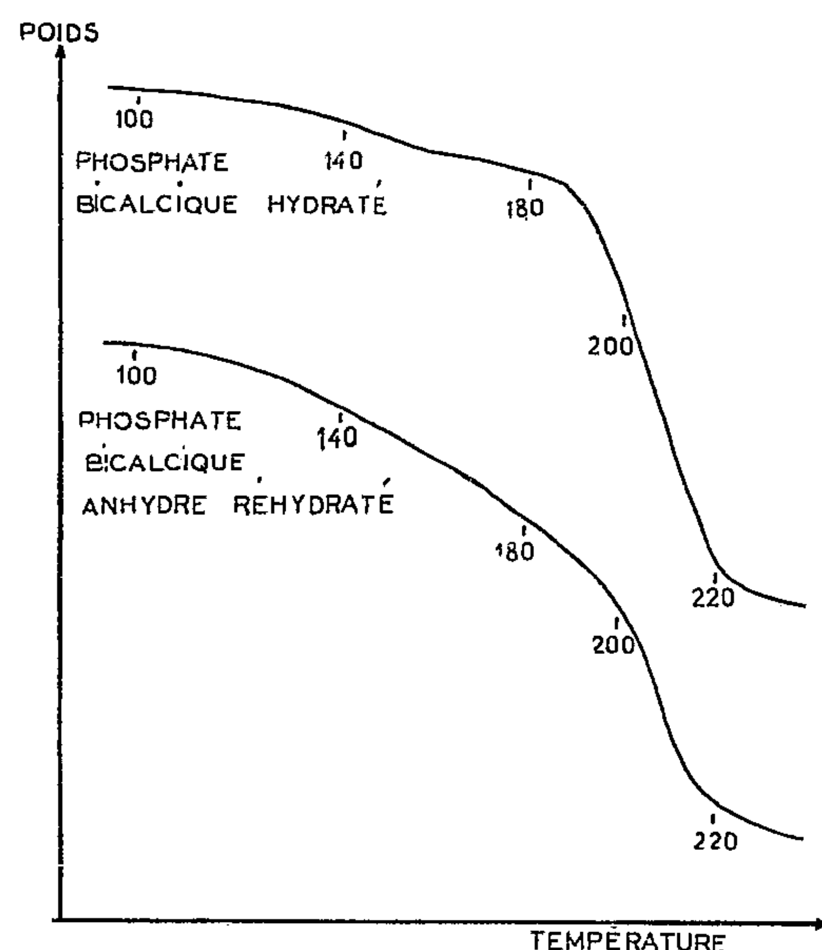


Fig. 1.

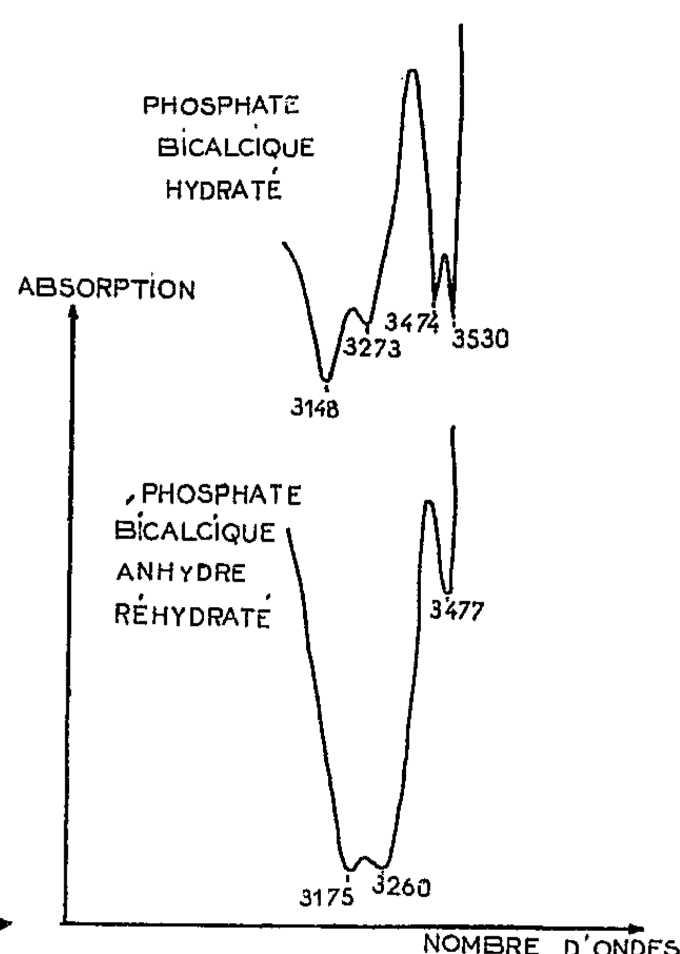


Fig. 2.

La spectrographie infrarouge, qui a déjà donné souvent des renseignements intéressants sur l'état des molécules d'eau dans les hydrates, a été utilisée pour compléter les résultats précédents. Deux séries de spectres ont été réalisées par la méthode des poudres sur des échantillons de phosphate hydraté, de phosphate anhydre réhydratable ou non et de phosphate réhydraté.

1° Dans le domaine spectral 6-15$^{\mu}$ (prisme de ClNa) apparaissent les bandes caractéristiques de l'ion PO_4H à structure tétraédrale dérivant par une légère déformation de la structure classique (tétraèdre régulier) de l'ion PO_4 dans lequel un atome d'oxygène est remplacé ici par le groupement OH. De plus, il existe, dans le *seul* spectre du phosphate hydraté initial, une bande supplémentaire à 663 cm^{-1}, ce qui indique un nombre de masses vibrantes supérieur à celui correspondant au phosphate anhydre. Il faut donc considérer qu'une fraction de l'eau est « liée » et fait partie intégrante du réseau cristallin de l'hydrate. Cette bande supplémentaire possède une intensité qui décroît réguièrement lors de la déshydratation progressive du phosphate hydraté initial; elle ne réapparaît pas dans le spectre du phosphate soumis à la réhydratation.

2° Dans le domaine spectral 3-6$^{\mu}$ (prisme de FLi), où apparaissent habituellement les bandes de l'eau liquide, l'existence de deux espèces d'eau dans le phosphate hydraté initial est révélée par la présence, dans le spectre correspondant, de quatre bandes formant deux doublets, dont les composantes ont

sensiblement même intensité :

3158 cm^{-1} 3268 cm^{-1} et 3488 cm^{-1} 3522 cm^{-1} (*fig.* 2).

D'autre part, dans le spectre des produits réhydratés, le doublet 3158 et 3268 cm^{-1} existe seul, l'intensité des bandes étant sensiblement conservée; parfois en employant de très grandes épaisseurs de poudres (cas correspondant à la figure) la bande 3488 cm^{-1} peut néanmoins apparaître.

Ainsi faut-il distinguer pour l'eau figurant dans la formule de l'hydrate $PO_4HCa\,2H_2O$ deux catégories :

a. l'une caractérisée par la bande 663 cm^{-1} et le doublet $3488\text{-}3522 \text{ cm}^{-1}$, qui correspond vraisemblablement à de l'eau faisant partie intégrante du réseau cristallin et vibrant avec lui;

b. l'autre ne donnant pas lieu au maximum de 663 cm^{-1}, mais possédant le doublet $3158\text{-}3268 \text{ cm}^{-1}$, observé seul dans le cas des phosphates réhydratés.

Dans ces conditions, il était normal de penser que la majeure partie de l'eau fixée au cours de la réhydratation devait s'éliminer facilement à basse température et en particulier à $t < 180°$ lorsque les phosphates réhydratés seraient chauffés dans les mêmes conditions que précédemment. Les courbes enregistrées (*fig.* 1) à la thermobalance de Chevenard montrent qu'il en est bien ainsi; elles sont comparables (en adoptant des sensibilités convenables) et correspondent à 350 mg de phosphate hydraté :

1° à l'état pur (courbe 1);

2° tel qu'il existe dans un produit provenant de la réhydratation partielle d'un poids convenable de phosphate anhydre (courbe 2).

Un essai préalable a montré que l'allure de la courbe 1 n'était pas modifiée, lorsque le phosphate hydraté initial était mélangé au phosphate anhydre dans les proportions correspondant au taux de réhydratation précédent.

RAYONS X. — *Détermination de l'intensité des bandes satellites des raies* Lα *des éléments de nombre atomique compris entre* 73 *et* 92. Note (*) de M. **José Gomes Ferreira**, présentée par M. Frédéric Joliot.

On a étudié la variation de l'intensité des bandes satellites Lα en fonction du nombre atomique (73 à 92). On constate que les maxima se situent dans la région thallium-plomb.

Hirsh et Richtmyer [1] ont déterminé expérimentalement l'intensité de la bande satellite de la raie $L\alpha_1$ des éléments de nombre atomique — Z — compris entre 40 (zirconium) et 52 (tellure), et leurs résultats sont bien interprétés par

(*) Séance du 14 décembre 1955.

[1] *Phys. Rev.*, 44, 1933, p. 955; R. F. Hirsch, *Phys. Rev.*, 48, 1935 p. 722

la théorie de Coster et Kronig; des déterminations de l'intensité de cette bande pour le tantale, l'osmium, le platine et l'or ont été réalisées par Richtmyer, Shaw et Shrader [2], qui ont obtenu respectivement les valeurs 0,002, 0,008, 0,013, 0,05, comme intensité de cette bande par rapport à $L\alpha_1$ [3]. J. Sarmento [4] a effectué aussi une détermination précise de la configuration et de l'intensité maxima de la bande satellite pour l'or.

Dans cette Note nous présentons nos résultats concernant la détermination de l'intensité des bandes satellites des raies $L\alpha$, par rapport à l'intensité de $L\alpha_2$, des éléments de Z compris entre 73 (tantale) et 92 (uranium); nous n'avons pas étudié le protactinium ni les éléments de Z compris entre 84 et 89, étant donné l'impossibilité de les obtenir au Laboratoire de Physique de Lisbonne, où ce travail a été réalisé.

Nous avons employé une installation à rayons X déjà décrite [5] et les spectrogrammes ont été obtenus dans un spectrographe Cauchois à cristal courbé, de 50 cm de rayon, muni d'un cristal de mica (dispersion 5,5 UX/mm); nous nous sommes servis de film Ilfex à rayons X sans écran renforçateur. Les microphotogrammes des spectres ont été obtenus au microphotomètre Bouty et au microdensitomètre Vassy.

Dans le tableau I nous présentons les résultats obtenus pour l'intensité $I(L\alpha_1)_s$ de la bande satellite de fréquence supérieure à celle de la raie $L\alpha_1$ et pour l'intensité $I(L\alpha_1\alpha_2)_s$ de la bande satellite située entre les raies $L\alpha_1$ et $L\alpha_2$ exprimées en pourcentage de l'intensité de $L\alpha_2$; nous indiquons aussi l'intensité du maximum de la première bande — $I_M(L\alpha_1)_s$ — en pourcentage de l'intensité du maximum de $L\alpha_2$.

TABLEAU I.

	Ta.	W.	Re.	Os.	Ir.	Pt.	Au.	Hg.	Tl.	Pb.	Bi.	Th.	U.
$I(L\alpha_1)_s$	15	30	23	29	35	37	45	47	64	61	40	38	36
$I_M(L\alpha_1)_s$	9	17	12	17	18	20	24	32	40	35	23	27	–
$I(L\alpha_1\alpha_2)_s$	5	6	7	5	10	5	10	7	13	15	7	4	–

Nous n'avons pas pu déterminer $I(L\alpha_1\alpha_2)_s$ pour l'uranium, parce que la discontinuité d'absorption K du brome a une longueur d'onde comprise entre les longueurs d'onde des raies $L\alpha_1$ et $L\alpha_2$ de l'uranium ; nous avons cependant réussi à déterminer $I(L\alpha_1)_s$ pour l'uranium, car on connaît l'intensité relative des raies $L\alpha_1$ et $L\alpha_2$ [6].

---

(2) *Phys. Rev.*, 51, 1937, p. 380.

(3) Cooper (*Phys. Rev.*, 61, 1942, p. 234) signale encore quelques résultats d'un travail de Shrader non publié.

(4) *Portugaliæ Physica*, 2, 1946, p. 139.

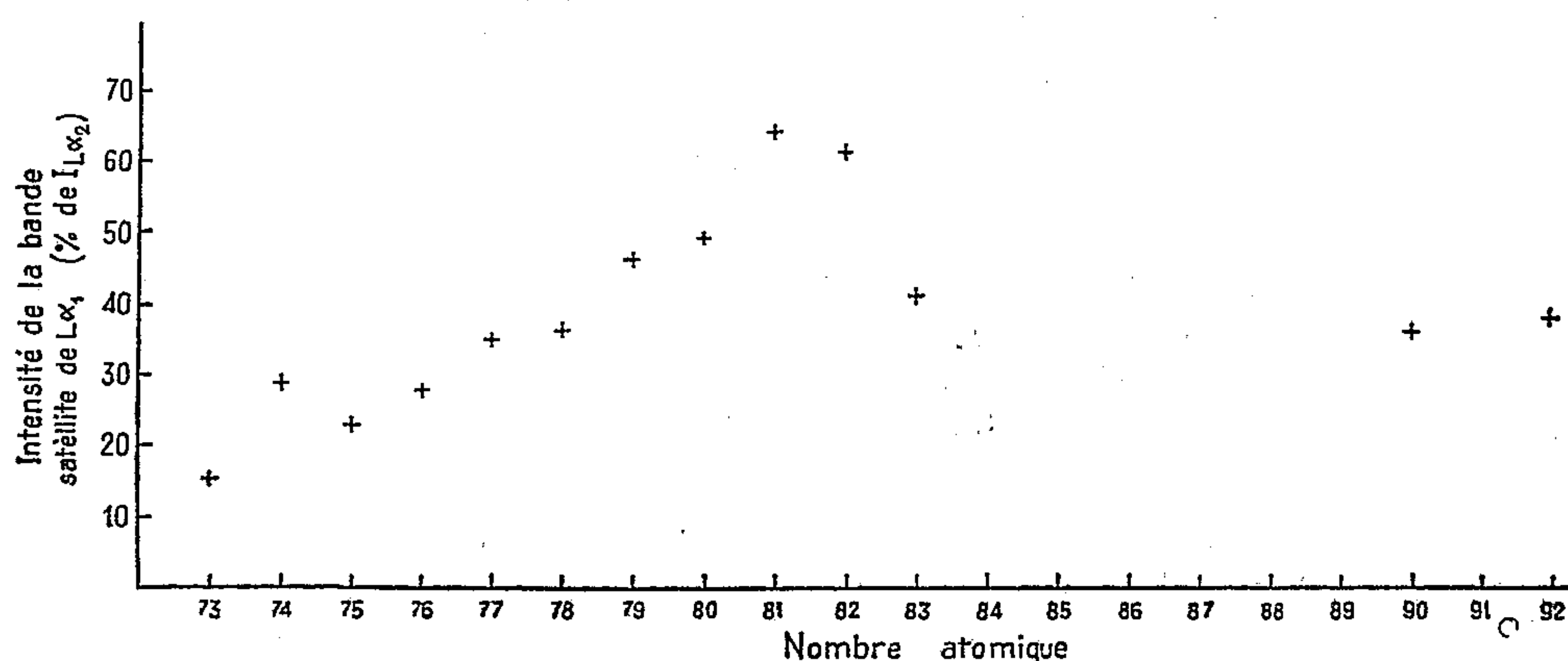
(5) J. G. FERREIRA, *Rev. Fac. Ciências Lisboa*, B, III, 1954, p. 95.

(6) S. K. ALLISON, *Phys. Rev.*, 32, 1928, p. 1.

Dans la figure 1 nous avons représenté la variation de l'intensité de la bande satellite $(L\alpha_1)_s$ en fonction du nombre atomique.

L'analyse de ce diagramme nous permet de conclure que la variation de $I(L\alpha_1)_s$ avec Z est la suivante :

— elle croît de la valeur 0,15 pour le tantale jusqu'au maximum de 0,64 pour le thallium et elle décroît ensuite ; probablement elle est constante pour les éléments de $Z > 83$. Du tableau I on conclut encore que les lois de variation avec Z de $I(L\alpha)_s$ et $I_M(L\alpha_1)_s$ sont à peu près analogues.



Les déterminations de $I(L\alpha_1\alpha_2)_s$ sont peu précises, car cette bande est très faible et est située entre deux raies intenses et très voisines ; nos observations ont montré qu'elle existe pour tous les éléments étudiés. Pour certains de ces éléments on avait déjà observé des raies ou bandes satellites entre $L\alpha_1$ et $L\alpha_2$ (4), (7), (8).

Au cours de ce travail nous avons eu encore la possibilité de déterminer pour certains éléments le rapport des intensités des raies $L\alpha_1$ et $L\alpha_2$. Nous présentons ces valeurs dans le tableau II.

TABLEAU II.

	Re.	Pt.	Au.	Th.
$\frac{I(L\alpha_2)}{I(L\alpha_1)}$	0,11	0,11	0,13	0,11

La détermination du rapport d'intensités $I(L\alpha_2)/I(L\alpha_1)$ pour le platine et l'or permet de comparer nos résultats à ceux obtenus précédemment par d'autres auteurs. Ainsi, nous trouvons pour $I(L\alpha_1)_s/I(L\alpha_1)$ les valeurs 0,041 (Pt) et 0,058 (Au), tandis que Richtmyer et *al* (2) avaient obtenu 0,013

(7) Y. CAUCHOIS, *Comptes rendus* 202, 1936, p. 2068 ; 205, 1937, p. 519.

(8) M. VALADARES, *Ricerca Scientifica*, 11, 1940, p. 270.

et 0,05. Pour l'intensité du maximum de la bande satellite $(L\alpha_1)_s$ de l'or par rapport à l'intensité de $L\alpha_1$, notre valeur de 0,031 est en exellent accord avec la valeur 0,030 donnée par Sarmento ([4]).

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Sur la saturation en résonance magnétique nucléaire.* Note de M. **François Lurçat**, présentée par M. Louis de Broglie.

Dans le cas où il y a plusieurs temps de relaxation « spin-milieu », le facteur de saturation n'est plus donné par la formule classique $S = (1 + 2\lambda T_1)^{-1}$. Cette formule reste cependant valable approximativement, à condition de remplacer T_1 par un temps de saturation Θ qu'on calcule.

Bloembergen ([1]) a montré que le facteur de saturation en résonance magnétique nucléaire est donné par $S = (1 + 2\lambda T_1)^{-1}$, avec $\lambda = (1/16)\gamma^2 H_1^2 \varphi(\nu)$ [γ et $\varphi(\nu)$ ont la même signification que dans ([1]), H_1 est l'amplitude du champ radiofréquence *linéaire*]. Mais il ne considère que la relaxation due aux couplages magnétiques dipolaires, hypothèse dont on peut déduire l'existence d'un temps de relaxation « spin-milieu » unique [*cf.* ([2]) et l'équation (5) ci-dessous]. Des cas plus généraux sont à envisager. Lloyd et Pake ([3]) ont examiné celui où il existe plusieurs temps de relaxation, mais où on n'excite qu'une seule transition. Nous étudions ici le cas où il y a plusieurs temps de relaxation, et où, les niveaux étant équidistants, on excite toutes les transitions entre niveaux voisins.

Soient $W_{j\succ i}$ et V_{ji} les probabilités de transition du niveau j au niveau i, dues respectivement à la relaxation et au champ radiofréquence. Les équations d'évolution des populations des niveaux sont

$$\dot{N}_i = \sum_{j\neq i} [(W_{j\succ i} + V_{ji}) N_j - (W_{i\succ j} + V_{ij}) N_i], \tag{1}$$

avec

$$V_{ij} = V_{ji}, \qquad W_{j\succ i} = W_{i\succ j} \exp\left(\frac{E_j - E_i}{kT}\right).$$

On peut poser, puisque $E_i \ll kT$, $W_{i\succ j} = W_{ij}(1 + E_i/kT)$, $W_{ij} = W_{ji}$. Soient $\mathbf{N}$ le vecteur de composantes N_i, A et λR les matrices définies par $A_{ij} = W_{ij}$, $\lambda R_{ij} = V_{ij}$, quand $i \neq j$; $\sum_i A_{ij} = \sum_i R_{ij} = 0$. (1) s'écrit

$$\dot{\mathbf{N}} = (A + \lambda R + \delta A)\mathbf{N}. \tag{2}$$

$R_{m,m\pm 1} = (I \mp m)(I \pm m + 1)$. On suppose comme dans ([2]) que la relaxation

([1]) *Thèse*, Leyde, 1948.
([2]) F. Lurçat, *Comptes rendus*, **240**, 1955, p. 2402 et 2517.
([3]) *Phys. Rev.*, **94**, 1954, p. 579.

est due aux seules interactions quadrupolaires :

$$A_{m,m\pm1} = W_1(2m\pm1)^2(I\mp m)(I\pm m+1);$$
$$A_{m,m\pm2} = W_2(I\mp m-1)(I\pm m+2)(I\mp m)(I\pm m+1).$$

$\mathbf{N} = C\mathbf{1} + \delta\mathbf{N}$, $\mathbf{1}$ étant le vecteur de composantes égales à 1, $\delta\mathbf{N}$ un vecteur du sous-espace $\mathcal{M}$ [*cf.* (²)]. δA et $\delta\mathbf{N}$ sont petits comme E/kT devant A et $\mathbf{1}$ respectivement. Si donc on écrit (2) pour l'état d'équilibre ($\lambda = 0$) et l'état de régime correspondant à une valeur donnée de λ, on obtient, au deuxième ordre près

$$(3)\qquad (A+\lambda R)\,\delta\mathbf{N}(\lambda) = A\,\delta\mathbf{N}(0).$$

Définissons les vecteurs multipolaires $\mathbf{v}^k$, de composantes

$$(4)\qquad v_m^k = \frac{\langle m|T_0^{(k)}|m\rangle}{\langle I|T_0^{(k)}|I\rangle} = \frac{(-1)^{I+k+m}}{(2I)!}\sqrt{\frac{(2I-k)!\,(2I+k+1)!}{2k+1}}\,C_{II}(k,0;-m,m).$$

[$\mathbf{v}^1$, $\mathbf{v}^2$, $\mathbf{v}^3$ sont les vecteurs **d**, **q**, **o** définis dans (²)]. $T^{(k)}$ est l'opérateur tensoriel irréductible d'ordre k (⁴), C un coefficient de Clebsch-Gordan. Il résulte des propriétés des $T^{(k)}$ et des relations de récurrence entre coefficients de C.-G. que

$$(5)\qquad R\mathbf{v}^k = -k(k+1)\mathbf{v}^k,$$

$$(6)\quad \left\{\begin{aligned} A\mathbf{v}^k = &-\frac{(k-2)(k-1)k(k+1)(2I+k)(2I+k+1)}{(2k-1)(2k+1)}(W_1-W_2)\mathbf{v}^{k-2}\\ &-\frac{s}{4s-3}\{[(4F-s-1)(2s-3)+3(s-2)]W_1\\ &\qquad+[(4F-s-1)2s-3(s-2)]W_2\}\mathbf{v}^k\\ &-\frac{k(k+1)(k+2)(k+3)(2I-k)(2I-k-1)}{(2k+1)(2k+3)}(W_1-W_2)\mathbf{v}^{k+2}\\ &[s=k(k+1),\ F=I(I+1)]. \end{aligned}\right.$$

On prendra pour base dans $\mathcal{M}$ l'ensemble des $\mathbf{v}^k$ d'ordre impair, $\mathbf{v}^{2l+1} = \mathbf{u}^l$. Soient a et r les parties de A et R qui opèrent dans $\mathcal{M}$. (3) s'écrit

$$(7)\qquad (a+\lambda r)\,\delta\mathbf{N}(\lambda) = a\,\delta\mathbf{N}(0).$$

Il résulte de (5) et (6) que r est diagonale, et que a est une matrice de Jacobi (⁵), ($a_{ll'} = 0$ si $|l-l'|>1$), mais n'est pas diagonale si $W_1 \neq W_2$. De plus, dans ce dernier cas, $a_{l,l-1}a_{l-1,l} > 0$. La puissance absorbée par le système de spins est proportionnelle à $\lambda(\mathbf{N},\mathbf{u}^0)$, donc à $\lambda\delta N_0$. Le coefficient d'absorption est donc proportionnel à δN_0, et le facteur de saturation est $S = \delta N_0(\lambda)/\delta N_0(0)$. Les propriétés des matrices de Jacobi permettent de tirer S de (7) :

$$(8)\qquad \frac{1}{S} = 1 + \frac{2\lambda}{a_{00}} + \frac{a_{01}a_{10}}{6a_{00}^2}F(\lambda),$$

(⁴) RACAH, *Phys. Rev.*, 62, 1942, p. 438.

(⁵) GANTMAKHER et KREIN, *Matrices et noyaux oscillatoires et petites oscillations des systèmes mécaniques*, Moscou-Léningrad, 1950.

où F est une fonction qui croît de façon monotone de o à 1 quand λ croît de o à ∞. Calculons a_{00}, a_{01}, a_{10} d'après (6), et portons-les dans (8) :

$$(9)\qquad \frac{1}{S} = 1 + \frac{10\lambda}{(2I-1)(2I+3)(W_1+4W_2)} + \frac{8}{7}\frac{(I+2)(I-1)}{\left(I+\frac{3}{2}\right)\left(I-\frac{1}{2}\right)}\left(\frac{W_1-W_2}{W_1+4W_2}\right)^2 F(\lambda).$$

Le troisième terme de (9) représente une correction par rapport à la forme habituelle [1], [3] de 1/S. Évaluons cette correction, en utilisant les expressions de W_1, W_2 données par Van Kranendonk [6] pour un cristal cubique parfait (cas où les niveaux sont équidistants malgré le couplage quadrupolaire). On obtient

$$(10)\qquad \left(\frac{W_1-W_2}{W_1+4W_2}\right)^2 = 4,13.10^{-3}(5\alpha^2-1)^2, \qquad \text{avec} \quad \alpha^2 = \alpha_1^2\alpha_2^2+\alpha_2^2\alpha_3^2+\alpha_3^2\alpha_1^2,$$

les α_i étant les cosinus directeurs du champ magnétique par rapport aux axes cristallins. Il résulte de (9) et (10) que la correction est au plus de l'ordre de 4.10^{-3} pour un monocristal (quand le facteur angulaire est maximum, c'est-à-dire $\alpha^2 = 0$). Pour une poudre cristalline, la correction est réduite dans le rapport $\overline{(5\alpha^2-1)^2} = 19/126$.

Conclusions. — La saturation, dans les conditions définies plus haut, suit approximativement la loi $S = (1+2\lambda\Theta)^{-1}$. Le « temps de saturation » est :

$$(11)\qquad \Theta = \frac{5}{(2I-1)(2I+3)}\frac{1}{W_1+4W_2}.$$

Si $W_1 = W_2$, il y a un temps de relaxation « spin-milieu » unique T_1, et $\Theta = T_1$. C'est le cas en particulier dans les liquides pas trop visqueux [7], à cause de l'isotropie du milieu.

Si $W_1 \neq W_2$, il résulte des propriétés de la matrice *a* que les temps de relaxation « spin-milieu » [dont le nombre est donné par [2]] sont tous différents. Il y a alors une différence fondamentale entre ces temps T_1 (qu'on peut mesurer par exemple par une expérience d'écho), et le temps Θ, que fournissent les expériences de saturation en régime permanent. [En particulier, d'après les expressions [6] de W_1 et W_2, Θ doit être isotrope (indépendant de l'orientation du champ magnétique par rapport aux axes cristallins), alors que les temps de relaxation doivent être fortement anisotropes.)] Une différence analogue existe en résonance quadrupolaire, elle sera étudiée dans une prochaine publication.

---

(6) *Physica*, 20, 1954, p. 781.
(7) Ayant, *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 1876.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Étude de la variation du nombre moyen de neutrons produits par la fission de* ^{239}Pu. Note de MM. **Jean-Michel Auclair, Harry Hill Landon** et **Maurice Jacob**, présentée par M. Francis Perrin.

L'étude de la variation, avec l'énergie du neutron incident, du nombre moyen de neutrons produits par la fission de ^{239}Pu, montre que, entre le domaine thermique et 0,35 eV, ν est constant à 1 % près.

Principe des mesures. — Cette étude a été réalisée à l'aide du spectromètre à cristal installé à la pile de Saclay ([1]). La pile fonctionnait à une puissance moyenne de 2 200 kW. Le monochromateur utilisé était un cristal de chlorure de sodium par transmission sur les plans (200). Les dimensions du collimateur étaient $240 \times 2 \times 2$ cm.

Le faisceau de neutrons réfléchi par le cristal tombait sur une chambre à fission contenant du plutonium. Elle était entourée de 12 compteurs à BF_3 noyés dans la paraffine et destinés au comptage des neutrons produits par la fission du plutonium.

Pour diminuer l'effet du bruit de fond sur les compteurs un dispositif électronique de coïncidences permettait de n'enregistrer les impulsions données par les compteurs que pendant un temps τ suivant chaque impulsion de fission.

La mesure du temps de vie moyen des neutrons de fission a montré qu'il était de l'ordre de 150 μs. Nous avons donc utilisé les temps $\tau = 200$ μs, et $\tau = 500$ μs.

Le rapport du taux de comptage des neutrons en coïncidence au taux de comptage des fissions est, moyennant certaines corrections dues aux pertes de comptages et aux coïncidences fortuites, égal à $e\nu$. e est l'efficacité des compteurs à BF_3 pour la détection, pendant le temps τ, des neutrons de fission. Cette efficacité était de 8 % et de 6 % pour 500 μs et 200 μs respectivement.

La chambre à fission contenait 10 mg de plutonium, répartis sur quatre dépôts de 10 cm². Elle était remplie à une pression de 12 cm d'argon et 1 cm de gaz carbonique. Les impulsions étaient amplifiées par une chaîne d'amplification de gain 100 000 et de 10 Mc de bande passante. Les fissions étaient comptées avec une efficacité supérieure à 90 %.

Résultats. — Les mesures faites sont des mesures relatives. Elles sont normalisées à 1 pour l'énergie de 0,0392 eV.

Les résultats sont portés dans le tableau suivant :

([1]) J. M. Auclair, P. Hubert et G. Vendryes, *J. Phys. Rad.*, **16**, 1955, 50 s/2 s.

E(eV).	τ = 500 μs.	τ = 200 μs.
0,0392	1	1
0,07	–	0,995 ± 0,010
0,15	–	1,000 ± 0,010
0,20	–	0,997 ± 0,013
0,25	–	0,999 ± 0,0012
0,30	1,000 ± 0,007	0,996 ± 0,009
0,35	–	1,013 ± 0,014

Ils montrent que, à la précision des mesures près, ν est constant dans le domaine d'énergie considéré. L'écart entre les variations de $\eta = \nu(\sigma_f/\varphi_t)$ mesurées directement par Palevsky et al. (2) et par Egelstaff et al. (3), et celles calculées à partir des mesures de sections efficaces ne peut donc être expliqué par une variation de ν.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Distribution angulaire de photoélectrons.* Note (*) de M. **Radha Raman Roy**, Mlle **Marie-Louise Goes** et M. **Jean Berger**, transmise par M. Émile Henriot.

Nous avons étudié la distribution angulaire des photoélectrons éjectés de l'aluminium par les rayonnements γ de 1,17 et 1,33 MeV du ^{60}Co. Nous avons comparé nos résultats expérimentaux avec la théorie de Sauter.

La plupart des expériences sur la distribution angulaire de photoélectrons ont été faites à l'aide de rayons X de faible énergie. Aux hautes énergies, Hereford et Keuper (1) ont étudié la distribution angulaire azimuthale des photoélectrons éjectés du plomb par des rayonnements γ de 0,5 MeV, polarisés linéairement. Ces auteurs ont observé un accord approximatif avec la théorie de Sauter (2). Plus récemment, Hedgran et Hultberg (3) ont mesuré les distributions angulaires des photoélectrons éjectés du plomb par $E_\gamma = 1,33$ MeV et de l'or par $E_\gamma = 0,41$ MeV. Ils obtiennent également un accord satisfaisant avec la théorie de Sauter, en ce qui concerne la position des maxima d'intensité.

Nous avons utilisé dans notre expérience, une chambre de Wilson entièrement automatique et placée entre deux bobines de Helmholtz pouvant produire un champ magnétique. Avant chaque détente, une cible d'aluminium de 60 μ d'épaisseur, placée à l'intérieur de la chambre, est bombardée perpendicu-

(2) *Conférence internationale de Genève*, A. Conf. 8P, 587.
(3) *Conférence internationale de Genève*, A. Conf. 8P, 425.

(*) Séance du 21 novembre 1955.
(1) *Phys. Rev.*, 90, 1953, p. 1043.
(2) *Ann. Physik*, 11, 1931, p. 454.
(3) *Phys. Rev.*, 94, 1954, p. 498.

lairement par les rayonnements γ d'une source de ^{60}Co de 10 mc. La mesure des courbures des traces d'électrons nous a fourni 422 traces de photoélectrons éjectés de la couche K de l'alumium par les rayonnements γ de 1,17 et 1,33 MeV. Nous avons, pour les deux groupes de photoélectrons, comparé la distribution angulaire expérimentale avec la distribution suivante, déduite de la théorie relativiste de Sauter

$$\sin^3\theta\left[\frac{\sqrt{1-\beta^2}}{2(1-\beta\cos\theta)^4}-\frac{1-\sqrt{1-\beta^2}}{4\sqrt{1-\beta^2}(1-\beta\cos\theta)^3}+\frac{(1-\sqrt{1-\beta^2})^2}{4(1-\beta^2)(1-\beta\cos\theta)^3}\right].$$

Dans cette expression, obtenue après intégration sur toutes les valeurs possibles de l'angle azimuthal, $\beta = V/C$ mesure l'énergie cinétique du photoélectron, et θ l'angle déterminé par les directions du rayonnement γ incident d'une part, et du photoélectron d'autre part. Les distributions angulaires expérimentales (——) et théoriques (----) sont données dans la figure 1. Les courbes (*a*) et

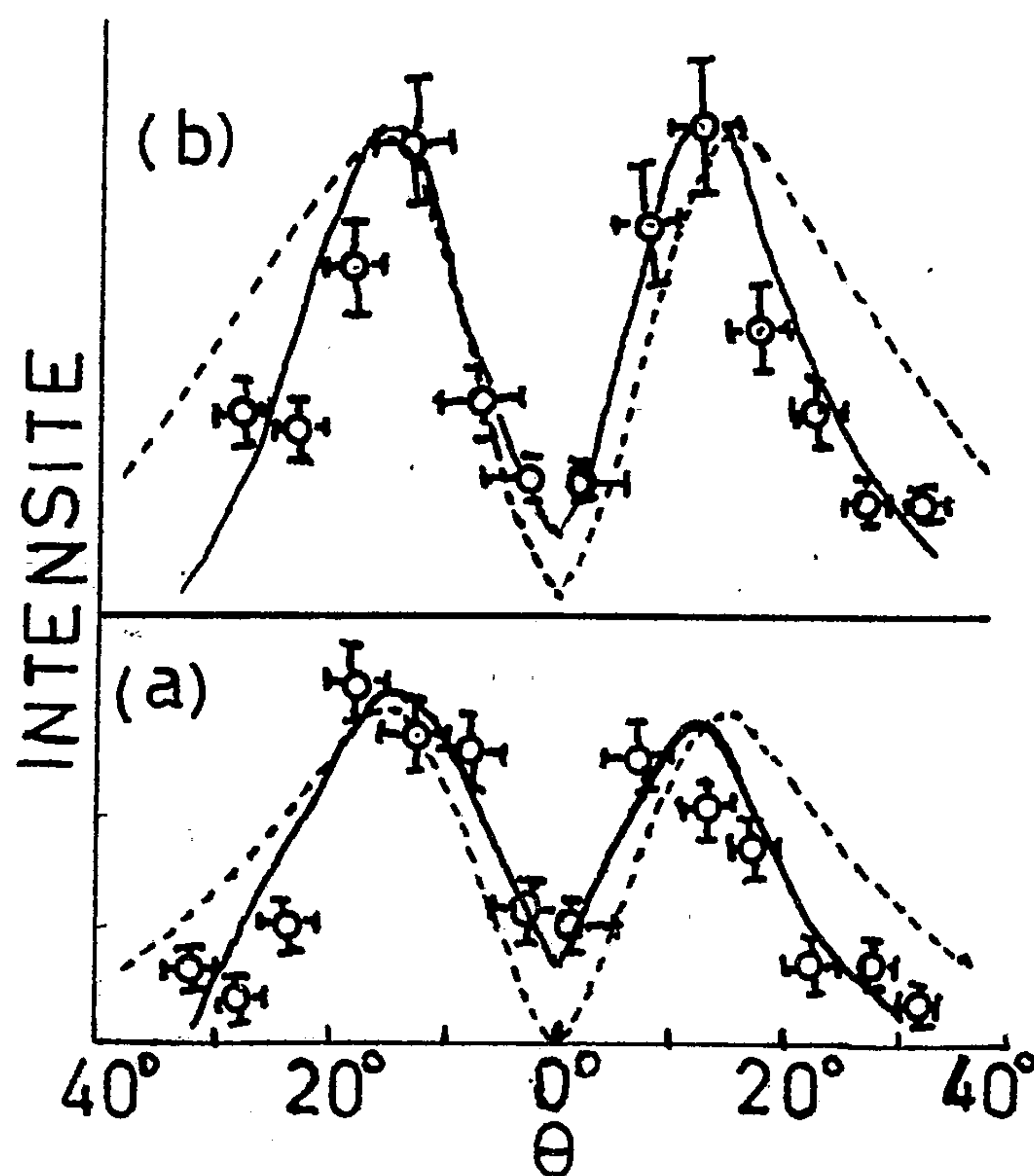


Fig. 1.

(*b*) sont obtenues avec $E_\gamma = 1,33$ et $1,17$ MeV respectivement. On voit que l'accord entre la théorie et l'expérience est bon pour ce qui est des angles d'émission préférée. Aux angles θ plus grands, cependant, les courbes expéri-

mentales décroissent plus rapidement que les courbes théoriques. Ceci pourrait provenir de ce que, dans notre expérience, nous ayons pu ne pas observer tous les photoélectrons éjectés dans ces directions d'angles θ plus grands. Pour $\theta = 0°$, alors que la formule de Sauter donne une probabilité nulle, nous trouvons une nette indication d'émission de photoélectrons. Une observation semblable, faite récemment par Hedgran et Hultberg avait déjà conduit Sauter à une vérification de sa théorie. En élaborant les calculs numériques de l'intensité pour $\theta = 0°$, par la formule complète sans approximation, et dans le cas des photoélectrons éjectés du plomb par $E\gamma = 1,33$ MeV, Sauter et Wüster ([4]) obtiennent effectivement une intensité théorique non nulle. Aucune expression analytique simple n'a malheureusement pu être présentée, permettant le calcul de $I(\theta = 0°)$ dans le cas général. Les graphiques de la figure 2 pour l'angle de bipartition sont déduits des courbes expérimentales et théoriques de la figure 1.

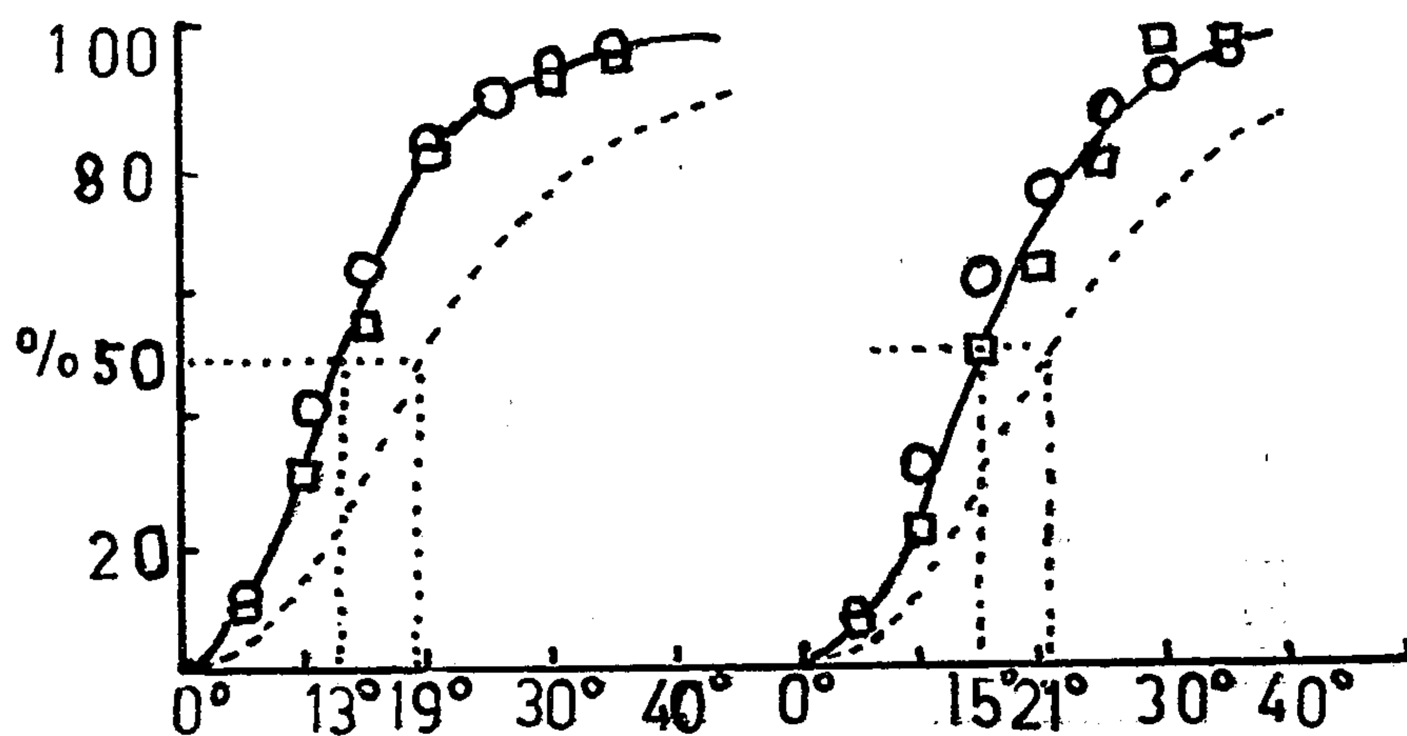


Fig. 2.

Les électrons émis à droite du rayonnement γ incident, sont indiqués par le signe □ et ceux émis à gauche de ce rayonnement par le signe ○. Les valeurs théoriques des angles de bipartition pour les rayons γ de 1,17 MeV et 1,33 MeV, sont respectivement de 21 et 19°. Les valeurs expérimentales correspondantes sont de 15 et 13°. Cette grande divergence s'explique par la décroissance plus rapide des courbes expérimentales aux angles θ plus élevés ainsi que par l'existence observée de photoélectrons dans la direction $\theta = 0°$.

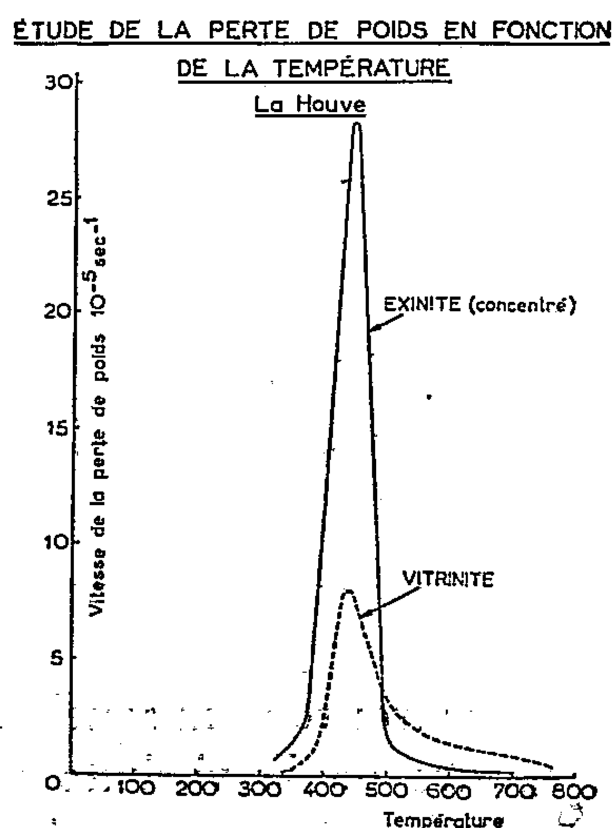
([4]) *Z. Physik.*, 141, 1955, p. 83.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Propriétés physiques et chimiques comparées de l'exinite et de la vitrinite.* Note (*) de MM. **Georges Alexandre Monnot** et **Albert Ladam** (¹), présentée par M. Pierre Chevenard.

De la vitrinite et de l'exinite ont été isolées de la houille de la mine de La Houve (Lorraine). Après avoir indiqué le principe de la séparation, les auteurs utilisant les résultats de l'analyse élémentaire et les spectres d'absorption infrarouges donnent une interprétation comparée de la structure des deux macéraux.

Des trois groupes de macéraux qui constituent les houilles : vitrinite, exinite, inertinite, l'exinite est le moins bien connu. Si les deux premiers peuvent être obtenus pratiquement purs, en prélevant directement des lits de vitrain, et en grattant des lentilles de fusain, il est impossible de séparer l'exinite par un procédé simple : formée à partir des spores et des cuticules, elle se trouve dispersée très finement dans toute la masse du charbon.

B. Alpern (²), étudiant les propriétés physicochimiques et l'aptitude à la cokéfaction des macéraux de quelques charbons lorrains et sarrois, a préparé des concentrés à environ 50 % d'exinite par liqueur dense (l'exinite a une densité voisine de 1,1, la vitrinite 1,3, l'inertinite 1,5) et il a cherché à déterminer les propriétés de l'exinite pure par extrapolation.



Nous avons repris de façon plus précise l'étude d'un charbon flambant sec de La Houve à 41 % de matières volatiles, contenant, d'après l'examen microscopique (²), 12 % d'exinite. Nous avons effectué une séparation par liqueur

(*) Séance du 14 décembre 1955.

(¹) Avec la collaboration technique de Nicole Saillard-Lesueur et P. Payen.

(²) Communication au Comité international de pétrographie des charbons (Liège, mai 1955) (en cours de publication).

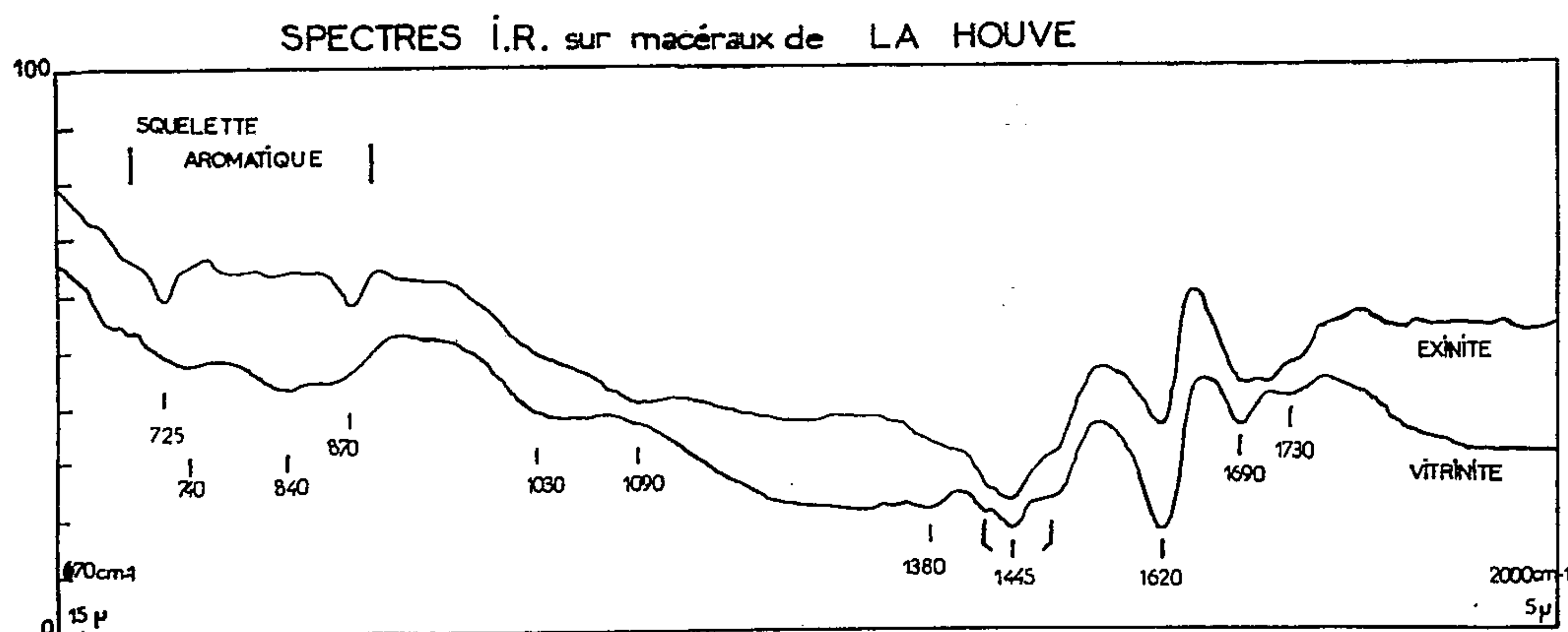
dense dans des conditions assez strictes (charbon broyé < 0,16 mm, liqueur de densité 1,2) pour obtenir un concentré contenant 85 % d'exinite, sans nous préoccuper du rendement très faible de l'opération.

La teneur en matières volatiles de ce concentré est beaucoup plus importante que celle de la vitrinite (73,4 contre 37,5 %). On trouvera sur la figure 1 les courbes obtenues à la thermobalance Chevenard, de la vitesse de départ des matières volatiles, quand on chauffe les échantillons à la vitesse de 2 degrés C/mn.

L'analyse élémentaire révèle des différences importantes dans les teneurs en oxygène et en hydrogène des deux macéraux.

	C %.	H %.	O %.	N %.	S %.
Vinitrite	82,1	5,1	12,2	0,5	1,0
Exinite	81,0	8,4	8,0	0,7	1,0

La pureté des échantillons a permis de préciser ces différences par spectrographie infrarouge. Les spectres ont été enregistrés en double faisceau par la méthode des pastilles ([3]), après un broyage prolongé, rendu nécessaire par la consistance plastique de l'exinite.



Dans les deux cas (*fig.* 2), nous trouvons un squelette aromatique condensé. L'absorption générale du spectre de la vitrinite entre 700 et 1 300 cm^{-1} est plus intense. Gordon ([4]) et Brown ([5]) ont montré que cette absorption était une fonction croissante de la condensation, suivant la progression : charbon demi-gras→semi-coke→anthracite, coke→graphite. La vitrinite a donc une structure aromatique plus condensée que l'exinite.

([3]) C. A. Monnot, *Microch. Acta.*, 2, 1955, p. 446.

([4]) R. R. Gordon, W. N. Adams, G. J. Pitt et G. H. Waston, *Nature*, 174, 1955, p. 1098.

([5]) *Nature*, 175, 1955, p. 229.

Les deux bandes aromatiques à 725 et 870 cm^{-1}, décelables dans le spectre de l'exinite, sont attribuées à des carbures benzéniques et naphtaléniques substitués, partiellement hydrogénés ou non.

La bande triple à 1445 cm^{-1} provient de la superposition des bandes de déformation des groupes CH_2 et CH_3; nous avons constaté, plus généralement, que l'intensité de cette bande présentait une bonne corrélation avec la teneur en matières volatiles.

A 1690 et 1730 cm^{-1}, nous trouvons les vibrations des groupes cétone et aldéhyde d'une part, esters d'autre part; l'abondance relative de ce dernier groupe dans l'exinite (*voir* le tableau des densités optiques) est à rapprocher du fait que l'exinite provient des spores et des cuticules, qui contiennent eux-mêmes des fonctions esters.

		CH_2, CH_3.	CO, CHO.	CO-OR.
Densités optiques	Vitrinite	0,32	0,10	0,03
(unité arbitraire)	Exinite	0,45	0,15	0,12

En résumé, l'exinite a une structure polynucléaire moins condensée que la vitrinite. Elle est plus riche en hydrogène et son oxygène, moins abondant, est davantage engagé dans des fonctions esters.

MACROMOLÉCULES. — *Calcul de l'action de l'environnement sur la rotation d'un oxhydryle participant à l'absorption diélectrique du maltose et du cellobiose. Comparaison avec la cellulose et l'amidon.* Note de MM. **Paul Abadie, Robert Charbonnière, Auguste Gidel, Pierre Girard** et **André Guilbot**, présentée par M. Jacques Duclaux.

On calcule pour le maltose et le cellobiose à partir de l'accroissement, avec la température, de leur absorption diélectrique, l'accroissement de l'énergie de rotation d'un —OH, lié à la diminution de l'action de l'environnement sur cette rotation. Comparaison avec la cellulose et l'amidon.

Nous avons établi dans une Note antérieure ([1]) que les seuls dipôles responsables de l'absorption diélectrique de l'amidon, de la cellulose et de leurs sucres constitutifs, le maltose et le cellobiose, sont les —OH, capables d'un certain degré de rotation dans le champ alternatif, d'alcools en position 2, 3 et 6 le long des anneaux de glucose pyranique. Dans une Note plus récente ([2]) relative à la cellulose et à l'amidon nous avons interprété le phénomène remarquable — en opposition avec ce qu'on a trouvé sur les gaz et les liquides — de

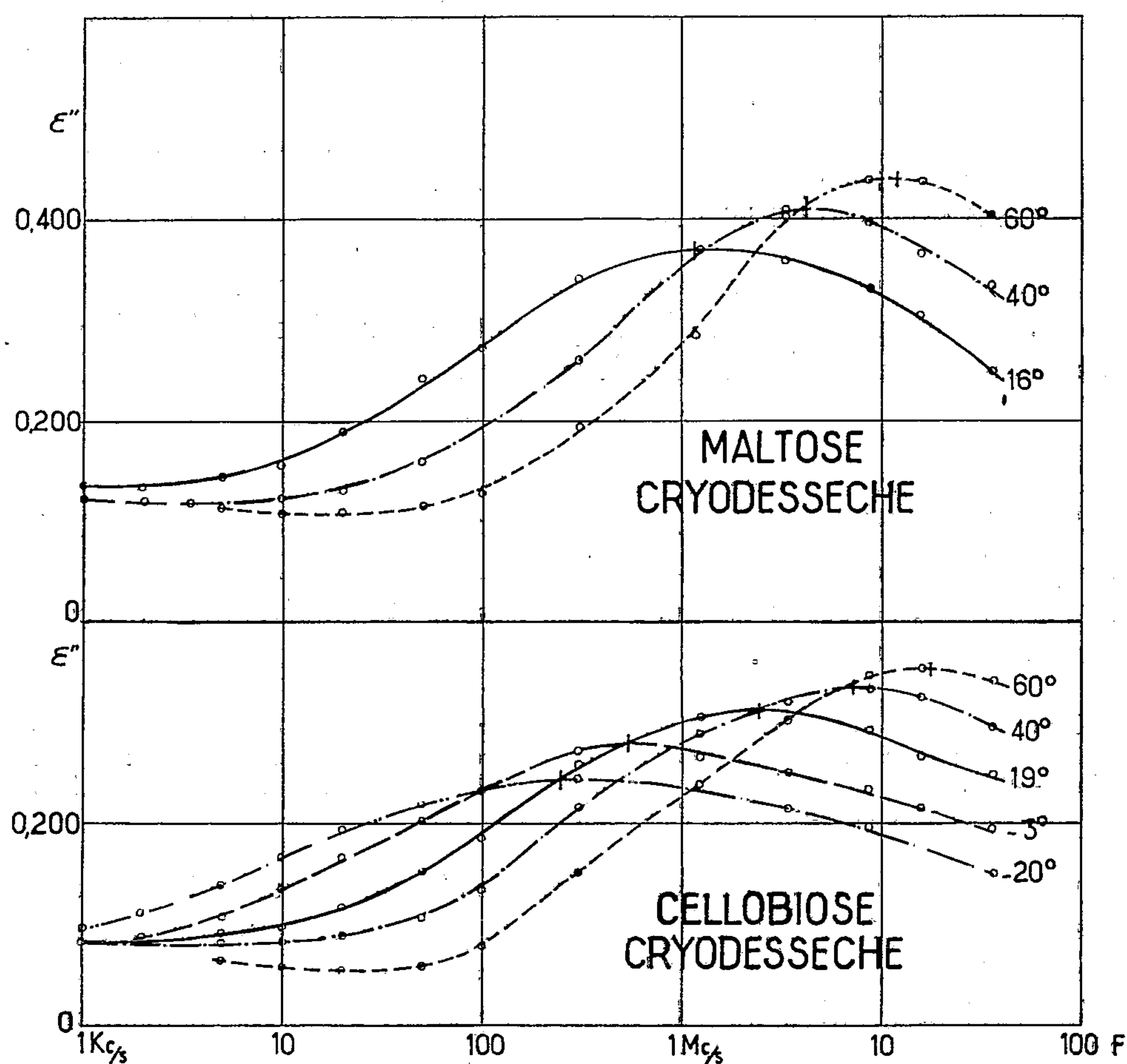
([6]) H. H. Storch, *J. Inst. of Fuel*, avril 1955, p. 154-170.

([1]) P. Abadie, R. Charbonnière, A. Gidel, P. Girard et A. Guilbot, *Comptes rendus*, 240, 1955, p. 1772.

([2]) *Comptes rendus*, 241, 1955, p. 1137.

l'accroissement de leur absorption diélectrique (ε''_{max}) avec la température comme résultant d'une diminution de l'action de l'environnement sur ces —OH. Le moment apparent μ' tend à se rapprocher de la valeur μ qui serait celle du moment de ces —OH s'ils ne subissaient aucune action de voisinage : d'où l'accroissement de leur énergie et de leur degré de rotation dans le champ.

Nous attribuons aux mêmes causes l'accroissement $d(\varepsilon''_{max})$ avec T du maltose et du cellobiose à l'état solide et amorphe (*figure*).



Nous nous sommes placés dans des conditions — température ne dépassant pas 60° C — où cet accroissement $d'(\varepsilon''_{max})$ n'a d'autre cause qu'un accroissement de la polarisabilité des —OH participant à l'absorption et non pas de leur nombre dans l'unité de volume. Dans ces limites de température l'environnement ne change pas. Avec l'augmentation de T, l'accroissement du degré de rotation d'un —OH, donc $d'(\varepsilon''_{max})$ est lié à l'accroissement de son énergie de

rotation par la relation :

(1) $$\varepsilon''_{max} \propto \frac{1}{KT} e^{-\frac{V}{KT}}$$

où V en kilocalories par mole représente pour cet —OH la contrainte de l'environnement sur cette rotation.

Le désordre créé par l'élévation de T, bien que contrariant l'orientation des —OH par le champ n'est pas ici assez important pour masquer l'effet de l'affaiblissement de l'environnement comme ce serait le cas pour les liquides et les gaz. En portant en ordonnée $\log(T\,\varepsilon''_{max})$ et en abscisse $1/T$ les points expérimentaux jalonnent des droites de coefficient angulaire V/K.

La relation (1) ne s'appliquant exactement que quand V est $\gg kT$, nous avons utilisé la relation ([3]) :

(2) $$\varepsilon''_{max} \propto \frac{1}{kT} \frac{1}{2 + e^{+\frac{V}{kT}} + e^{-\frac{V}{kT}}}.$$

Tout comme l'amidon et la cellulose, l'ε''_{max} dont nous avons suivi l'accroissement avec T est celui dont la fréquence critique à 20°C se place aux environs de 5 MHz (rappelons que les profils des bandes d'absorption des sucres amorphes et de leurs polymères sont très proches). Il convient aussi de noter, en ce qui concerne le mode de décristallisation des sucres, que le maltose fut décristallisé par fusion suivie d'une rapide solidification, et aussi par cryodéshydratation. Le cellobiose le fut seulement par cryodéshydratation en raison du point de fusion élevé (225°C) faisant courir le risque d'une altération chimique.

Accroissement de la fréquence critique avec T. L'environnement n'intervient pas seulement pour diminuer le degré de rotation dans le champ, d'un —OH participant à l'absorption, il influence aussi son temps de relaxation. Comme pour l'amidon et la cellulose, nous avons appliqué aux sucres décristallisés la relation

(3) $$f_c = A e^{-\frac{H}{kT}},$$

f_c égal à $1/2\pi\tau$, τ étant le temps de relaxation de —OH.

Les valeurs successives de (f_c) quand T croît sont portées sur la figure. H (en kilocalories par OH) représente pour un —OH l'action de l'environnement sur son temps de relaxation.

Substance.	V (kcal par OH).	H (kcal par OH).	A (s^{-1}).	Densité.
Amidon déshydraté	1,46	11,5	4.10^{14}	0,98
Cellulose	1,23	8	$0,34.10^{13}$	0,98
Maltose cryodéshydraté	1,68	9,5	1,52 »	1,13
» anhydre fondu	1,53	9,7	1,95 »	1,50
Cellobiose cryodéshydraté	1,51	9,4	2,94 »	1,18

([3]) DRYDEN et WELSCH, *Austr. J. Sc. Res.*, 4, A, 1951, p. 616.

Dans le tableau nous avons fait figurer les valeurs de H, de V et les densités apparentes des deux sucres et de leurs polymères ainsi que les valeurs de A. Un intérêt particulier nous paraît s'attacher à ce coefficient A qui a la signification d'une fréquence. Nous nous contenterons de remarquer ici que le calcul donne pour ce coefficient des valeurs en 10^{13} et 10^{14} s^{-1} de l'ordre de la valeur de la fréquence de vibration-torsion d'une liaison O—H dans l'infra rouge.

CHIMIE THÉORIQUE. — *Influence des charges des addenda sur le potentiel rédox du complexe enzyme-métal-substrat.* Note de Mme **Andrée Goudot**, présentée par M. Louis de Broglie.

Nous avons jusqu'alors étudier l'action catalytique des ions métalliques dans la formation du complexe métal-substrat, nous allons maintenant considérer le complexe enzyme-métal-substrat (1) comme formant le complexe de transfert de charge. Le moment magnétique du complexe plan formé par Fe^{III} comme dans les enzymes respiratoires, est de 3,9 Debyes, il tend donc à attirer les électrons de petites molécules telles que H_2O_2 qui ont un moment magnétique de seulement 1,8 Debyes. Par contre les complexes plans du Co^{II} de moment 1,7 ne peuvent avoir la même action et ce sont les grosses molécules chargées telles que la diglycine ayant un moment magnétique de plus de 25 unités Debye qui auront tendance à attirer les électrons de l'ion métal.

1. Parmi les coenzymes formant un complexe stable oxydant est l'hème des enzymes respiratoires. Son potentiel d'oxydation au pH sanguin est de 0,1 eV. Ce qui représente une augmentation de potentiel d'oxydation puisque $Fe^{++}/Fe^{+++} + e^- = -0,771$. Le potentiel rédox du système est alors $-0,771 + 0,1 = 0,67$, ce qui correspond à une énergie libre de formation d'environ 16 kc. Si un substrat additionnel attiré par ce complexe oxydant transforme le complexe ferrique paramagnétique en complexe ferreux diamagnétique, le complexe formé peut être un complexe de transfert de charge. C'est le cas lorsque deux molécules H_2O_2 viennent à occuper les deux liaisons hybrides « trans » vacantes, la réaction catalytique peut se produire, la quantité d'énergie libre de formation du complexe de transfert de charge correspondant à l'énergie d'activation de la réaction : $2H_2O_2 = 2H_2O + O_2$. En effet le potentiel 0,671 est très voisin du potentiel de O_2—H_2O_2 qui est de 0,680.

Un complexe oxydant du même type a été réalisé *in vitro* par L. Nicolaev (2) à l'aide de diamines fixées par l'ion Cu^{++}. Parmi les addenda donnant avec l'ion métal la plus grande activité catalytique sur H_2O_2 se trouve le N.N'-diméthylènediamine qui forme avec Cu^{++} des complexes paramagnétiques dont la stabilité est donnée par $\text{Log}\, K = 9,23$ d'où l'on peut calculer l'énergie libre

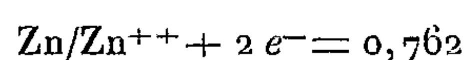
(1) *Comptes rendus*, **241**, 1955, p. 1767.
(2) *J. Chimie Phys.*, **51**, 1954, p. 752.

de formation du complexe métal-addenda et en tirer la variation du potentiel d'oxydation qui est de — 0,54 eV. Comme d'autre part on a pour le potentiel d'oxydation de l'ion central : $Cu^{+}/Cu^{++} + e - = -0,164$. On a pour potentiel d'oxydo-réduction du complexe $-0,54 - 0,164 = -0,7$ qui est sensiblement le même que celui trouvé précédemment pour l'hème des enzymes respiratoires.

On comprend alors que deux complexes oxydants comme l'hème et le N.N'-diméthylèdiamine-Cu^{++} puisse agir de la même façon sur le même substrat puisque le potentiel du système enzyme-métal est le même. Les p_K des addenda étant de 6 à 8 correspondent bien à ce que nous avons dit sur le rôle des groupements polaires des enzymes ([1]).

Des complexes du même type se retrouvent dans la décarboxylation avec les ions métaux Mg^{++} pour la chlorophylle et Zn^{++} pour l'anhydrase carbonique. Dans le premier cas le coenzyme est connu c'est le protohème de la chlorophylle. Dans le second cas : l'anhydrase carbonique, on ne connaît pas les groupements polaires qui forment avec Zn^{++} le coenzyme de l'anhydrase carbonique. Cependant on peut préciser que c'est une diamine car c'est seulement avec les diamines que Zn donne des complexes de coordination 6. On peut donc penser que le coenzyme est un complexe plan où deux molécules de diamines forment avec Zn^{++} le coenzyme, laissant libres deux liaisons hybrides en position trans où peuvent venir se fixer les molécules de CO_3H_2.

Si l'on suppose que deux molécules de diamines sont liées à l'ion métal, sachant que la constante de stabilité de la molécule de diamine dans un complexe formé avec Zn^{++} est donnée par $\log K = 5,92$ ou ce qui revient au même que l'ion métal soit lié à une molécule chélatée de triméthyltétramine qui a une constante de stabilité de $\log K = 11,8$ on a pour l'énergie libre de formation du complexe : $11,8 \times 1364 = 16\,095$ cal. Comme d'autre part :



$$Zn/Zn^{++} + 2e^{-} = 0,762$$

qui correspond à une énergie libre de 17 571 cal. L'énergie libre du complexe coenzyme est de 33 660 cal correspondant à l'énergie d'activation de l'anhydrase carbonique, c'est-à-dire 14 Kc par molécule CO_3H catalysée.

On peut en conclure que dans les enzymes où l'ion métal forme avec les groupements polaires de l'enzyme un complexe de coordination 4 plan stable, le coenzyme ainsi formé est déjà un complexe activé pouvant : 1° Attirer de petites molécules chargées d'un moment magnétique inférieur au sien. 2° Fixer en des positions « trans » les deux molécules de substrat si elles sont assez petites et d'un pK spécifique. 3° Provoquer la réaction catalytique du substrat, si cette réaction a une énergie d'activation correspondant à un potentiel voisin de celui du coenzyme.

Dans le cas du transfert d'un électron $Fe^{+++} + e^{-} = Fe^{++}$ l'action cataly-

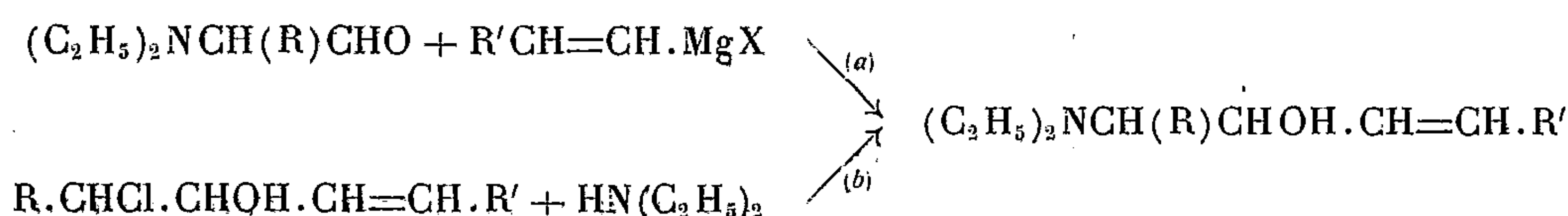
tique se fait sur les deux molécules de substrat : $2H_2O_2 = 2H_2O + O_2$. Dans celui du transfert de deux électrons : $Zn^{++} + 2e^- = Zn$ l'action catalytique a lieu sur chacune des deux molécules de CO_3H_2 : $CO_3H_2 = CO_2 + H_2O$.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Recherches sur les magnésiens vinyliques. IX. Synthèses d'aminoalcools α et β éthyléniques.* Note (*) de MM. **Henri Normant** et **Cornel Crisan**, présentée par M. Marcel Delépine.

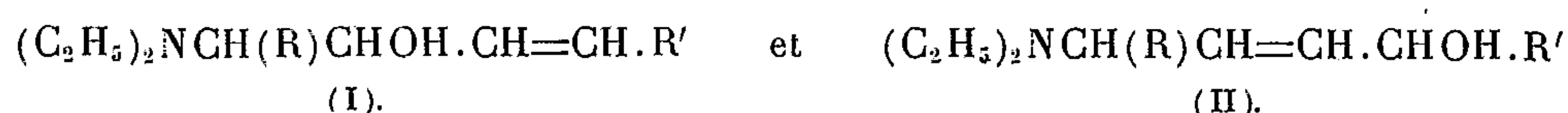
A partir des aldéhydes et acétones α et β minés, on a préparé, dans de bonnes conditions, divers aminoalcools éthyléniques nouveaux par condensation avec les magnésiens vinyliques.

On sait que les amines secondaires réagissent normalement sur les aldéhydes α halogénés en donnant des α-aminoaldéhydes ([1]). Ces derniers, condensés avec les magnésiens vinyliques, conduisent à des *alcools secondaires α éthyléniques α' aminés*, à peu près inconnus jusqu'à présent (réaction *a*).

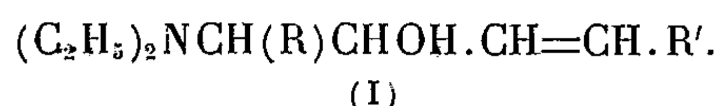
Ces aminoalcools peuvent encore être préparés par condensation des amines secondaires avec les chlorhydrines α éthyléniques (réaction *b*). Celles-ci résultent de l'action des magnésiens vinyliques sur les aldéhydes α halogénés.



Toutefois, ce dernier procédé est moins avantageux, car il conduit, par suite d'un réarrangement allylique, à un mélange d'isomères dont la séparation ne présente pas cependant de sérieuses difficultés :



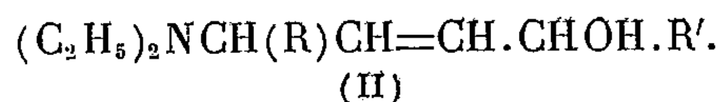
Dans ces mélanges le composé (I), à point d'ébullition le plus bas, domine. Les tableaux suivants résument les résultats obtenus.



R.	R'.	$É_p$.	n_D^t.	d_t.	Rdt (%).
C_2H_5	H	80°/18	1,4444/20°	0,861/20°	93
C_2H_5	CH_3	92 /14	1,4500/20	0,864/20	61
C_5H_{11}	H	126 /12	1,4543/20	0,864/20	70
C_5H_{11}	CH_3	129 /13	1,4524/21	0,858/21	73

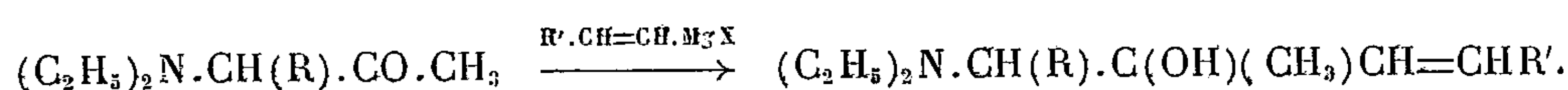
(*) Séance du 14 décembre 1955.

([1]) Kirrmann et Muths, *Comptes rendus*, 239, 1954, p. 1807.



R.	R'.	Ép.	n_D^t.	d_t.	Rdt (%) I.	Rdt (%) II.
C_2H_5	H	119°/17	1,4643/21°	0,886/21°	52	24
C_2H_5	CH_3	122 /19	1,4661/20	0,888/20	54	27
C_5H_{11}	H	146-7 /13	1,4626/22	0,874/22	50	34
C_5H_{11}	CH_3	110 /0,2	1,4641/22	0,874/22	50	30

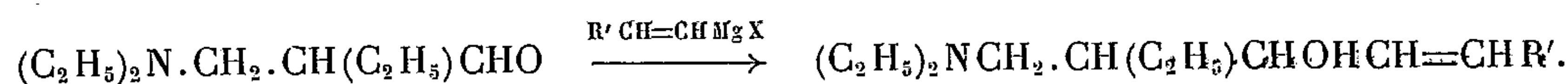
Les *alcools tertiaires α' aminés* ont été obtenus en condensant les α aminocétones avec les magnésiens vinyliques. A partir des chlorhydrines les rendements sont faibles.



R.	R'.	Ép.	n_D^t.	d_t.	Rdt (%).
H	H	63°/13	1,4400/19°	0,853/19°	68
CH_3	H	78 /12	1,4482/15	0,861/15	80
H	CH_3	79 /12	1,4477/20	0,867/20	70
CH_3	CH_3	93 /12	1,4540/22	0,873/22	72

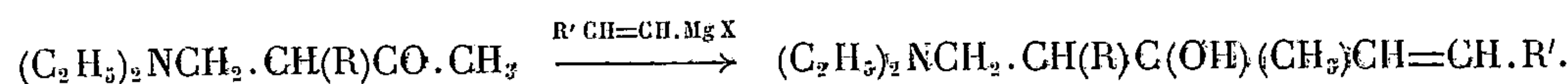
Ces condensations magnésiennes peuvent être étendues à divers aldéhydes ou cétones aminés où les deux fonctions sont plus ou moins éloignées, notamment aux β, facilement accessibles par la réaction de Mannich.

Alcools secondaires β aminés préparés selon :



R'.	Ép.	n_D^t.	d_t.	Rdt (%).
H	122-3°/25	1,4538/23°	0,874/23°	74
CH_3	136-8 /28	1,4590/23	0,874/23	73

Alcools tertiaires β aminés :



R.	R'.	Ép.	n_D^t.	d_t.	Rdt (%).
H	H	84-85°/13	1,4483/17°	0,866/17°	51
H	CH_3	97 /14	1,4520/20	0,868/20	50
CH_3	H	112 /25	1,4519/22	0,870/22	70
CH_3	CH_3	125 /26	1,4570/22	0,874/22	70

CHIMIE ORGANIQUE. — *Spectre infrarouge de divers dioxolanes et divers dioxanes.* Note de Mlle **Germaine Lagrange** et M. **Pierre Mastagli**, présentée par M. Marcel Delépine.

Les auteurs ont trouvé pour les dioxolanes et dioxanes, dans le spectre infrarouge, les bandes d'absorption des acétals.

Dans une Note précédente (¹), nous avons étudié l'action catalytique des échangeurs de cations dans la prépapation de dioxolanes et dioxanes à partir de l'aldéhyde benzoïque et de divers polyols. Dans le présent travail, nous avons voulu confirmer que le spectre infrarouge de ces divers corps présentent les bandes caractéristiques des acétals et que leur intensité est fonction des substituants introduits dans le cycle.

On sait (²) que les acétals présentent cinq bandes d'absorption : trois dans les régions 1158-1190, 1124-1143 et 1063-1098 cm^{-1} attribuées toutes les trois à la fragmentation de la bande éther qui, elle, peut s'étendre de 1070 à 1190 cm^{-1}; une quatrième, dans la région 1038-1056 cm^{-1}; et la dernière, spécifique des acétals, dans la région 1105-1116 cm^{-1}.

Pour pouvoir généraliser plus sûrement, à la liste des produits déjà décrits dans cette première publication, nous avons ajouté des corps préparés de façon identique (¹). Mais pour les mono et dibenzacétalsorbitols nous avons suivi la méthode de Meunier (³), en remplaçant l'acide chlorhydrique par des échangeurs de cations. Nous avons préparé ainsi :

le phényl-2 dioxane-1.3, F 40° (⁴);

le monobenzacétalsorbitol, F 174° (³);

le dibenzacétalsorbitol qui, après lavage des échangeurs par l'acétone, fond suivant les données de la littérature à 219-220° (³);

le phényl-2 diéthyl-5.5 dioxane-1.3, $É_{15}$ 185°; n_D^{20} 1,511; d_4^{20} 1,0277 (C : calculé, 76,36 %; trouvé, 76,12 %; H : calculé, 9,09 %; trouvé, 9,08 %).

Dans le tableau ci-dessous, nous donnons les bandes d'absorption, dans les régions intéressées :

	1158-1190.	1124-1143.	1105-1116.	1063-1098.	1038-1056
phényl-2 dioxolane-1.3	1174 (1)	1136 (é)	1101 (é)	1090 (2)	–
phényl-2 dioxane-1.3	1180 (1)	1141 (2)	1106 (é)	1092 (3)	–
phényl-2 méthyl-4 dioxane-1.3	1162 (2)	1148 (é)	1101 (3)	1058 (1)	–
phényl-2 diéthyl-5.5 dioxane-1.3	1171 (1)	1148 (é)	–	1090 (2)	–
benzaldéhyde di (phényl-2 dioxolane-1.3 ylméthyl-4) acétal	1172 (1)	1141 (é)	1111 (é)	1070 (2)	–
monobenzacétalsorbitol	1150 (é)	1146 (1)	1090 (é)	1073 (3)	1042 (2)
dibenzacétalsorbitol	1166 (1)	1129 (é)	1117 (2)	1090 (4)	1051 (3)

Les numéros (1), (2), (3), (4) donnent les intensités relatives pour chaque corps, (4) étant la plus forte. é, épaulement, c'est-à-dire bande d'absorption mangée par une autre, voisine et plus forte.

Conclusions. — 1° Dans tous les cas, la bande 1063-1998 cm^{-1} est la plus intense sauf pour le phényl-2 méthyl-4 dioxane-1.3 pour lequel il y a, de plus, un léger déplacement de la bande vers les fréquences plus basses.

(¹) MASTAGLI, ZAFIRIADIS et LAGRANGE, *Comptes rendus*, 237, 1953, p. 187.
(²) BERGMANN et PINCHAS, *Rec. trav. chim.*, 71, 1952, p. 161-167.
(³) *Ann. Chim. Phys.*, (6), 22, 1891, p. 424.
(⁴) DWORZAK et HERMANN, *Monatshefte für Chemie*, 52, 1929, p. 102.

2° La bande 1124-1143 cm^{-1}, le plus souvent réduite à un seul épaulement, est quelquefois déplacée vers les fréquences plus hautes.

3° La bande 1158-1190 cm^{-1} n'est pas la plus intense, mais son intensité se rapproche de temps en temps de celle de la bande la plus forte.

4° La bande 1105-1116 cm^{-1} n'existe pas toujours, mais son absence ne veut pas dire qu'il n'y a pas la fonction acétal dans le corps.

5° La bande 1038-1056 cm^{-1} est le plus souvent absente.

Les spectres ont été exécutés par M[lle] Yvette Servigne.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Synthèse des sels de (diméthyl-1'.3' benzimidazolium-2')-5 diaryl-2.3 tétrazolium. Action des alcalis.* Note de M. **Henri Wahl**, présentée par M. Marcel Delépine.

L'oxydation des bis-(arylazo) méthylène-2 diméthyl-1.3 benzimidazolines conduit aux sels de trétazolium correspondants. Ceux-ci sont très stables vis-à-vis des acides mais sont scindés déjà à température ordinaire par les alcalis caustiques en diméthyl-1.3 benzimidazolone et di-aryl formazane. On propose une interprétation de ces faits.

Avec M. Th. Le Bris (1), j'ai mis en évidence la sensibilité aux réactifs oxydants acides de la liaison —S—C— dans les sels de benzothiazolium tétrazolium (X = S dans B). En voulant étendre nos observations à d'autres hétérocycles, j'ai constaté que le remplacement du soufre par un reste méthylimide ($X = N - CH_3$ dans B) modifie le cours des réactions.

Ainsi, oxydant la di-(phénylazo-) méthylène-2 diméthyl-1.3 benzimidazoline (2) (A) selon la technique précisée antérieurement, j'ai isolé facilement le diperchlorate de (diméthyl-1'.3' benzimidazolium-2')-5 diphényl-2.3 tétrazolium, en petits octaèdres presque incolores, F 316-317°, peu soluble dans l'eau et l'alcool, très soluble dans l'acide acétique. (Analyses : $C_{22}H_{20}O_8N_6Cl_2$, calculé %, O 22,10; N 14,76; Cl 12,48; trouvé %, O 22,40; N 14,94; 14,81; Cl 12,27.)

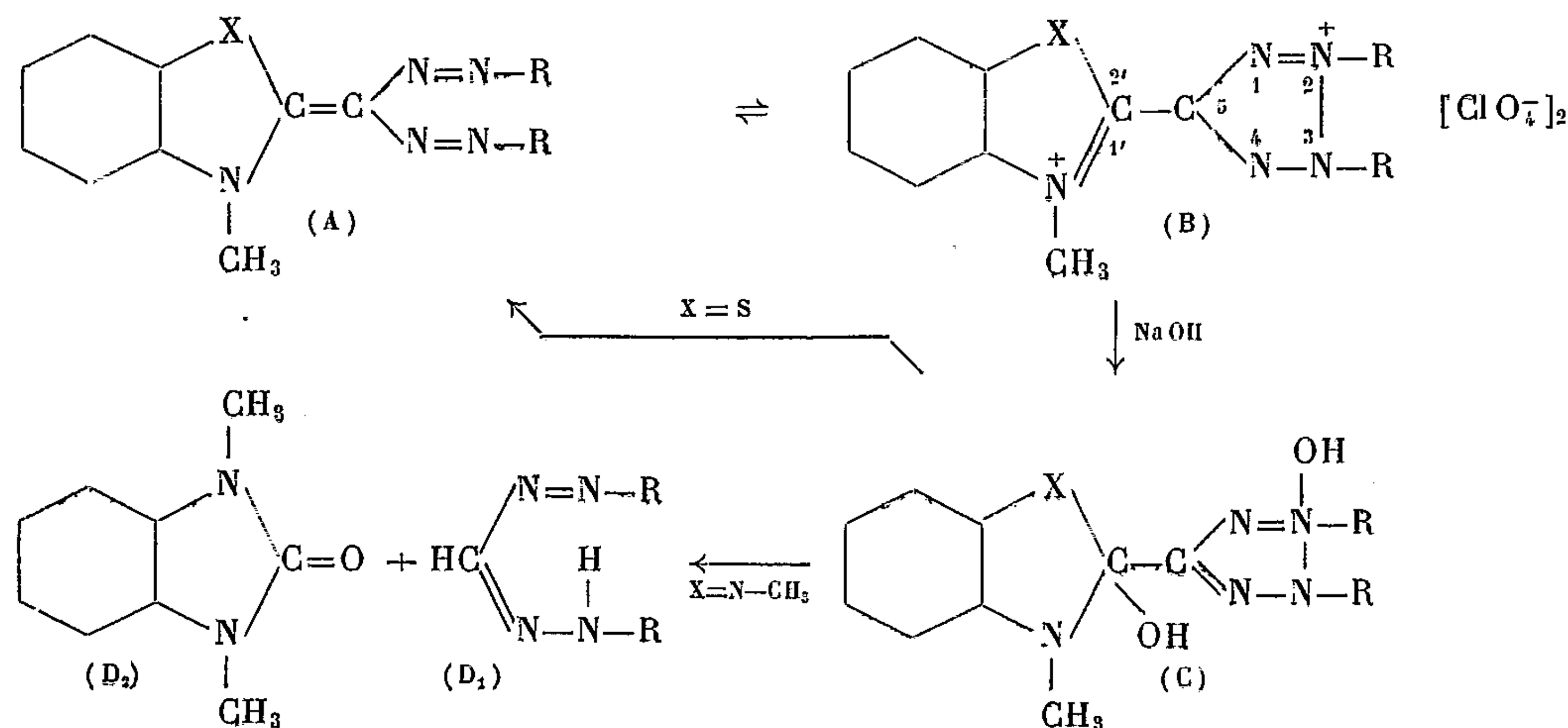
La nature de ce composé est confirmée par sa réduction quantitative sous l'action de l'acide ascorbique en milieu neutre, qui régénère le disazoïque initial. Le même sel de tétrazolium se forme par oxydation nitrique, même à la température du bain-marie, et l'on n'observe aucune des complications rencontrées en série thiazolique.

D'une façon analogue, j'ai préparé le diperchlorate de (diméthyl-1'.3' ben-

(1) *Comptes rendus*, 241, 1955, p. 1143 et 1585.

(2) H. Wahl, *Bul. Soc. Chim. Fr.*, 1954, p. 251.

zimidazolium-2′)-5 di-(*p*-chlorophényl)-2.3 tétrazolium F 310°, en magnifiques tablettes jaune pâle (analyses : $C_{22}H_{18}O_8N_8Cl_4$, calculé %, N 13,14; Cl 22,21; trouvé %, N 13,60; Cl 22,33) R = C_6H_4Cl, X = N—CH_3 dans A et B) :



Ces sels se montrent plus stables en milieu acide que leurs isologues sulfurés mais présentent une réaction remarquable sous l'action de la soude alcoolique : ce réactif fait apparaître immédiatement, à température ordinaire, une intense coloration rouge (R = C_6H_5) ou rouge violacé (R = C_6H_4Cl).

Après un chauffage d'une heure au bain-marie, on sépare facilement, en acidifiant la solution, un précipité brun (D_1), à peu près insoluble dans l'eau, soluble dans la plupart des solvants avec une coloration jaune brun, soluble dans l'acide sulfurique concentré en bleu, en rouge dans la soude alcoolique, formant un chlorhydrate F 163° en cristaux à reflets bleu acier, hydrolysé par l'eau. Purifié par cristallisation dans l'alcool méthylique dilué, ce composé F 117-118° présente la composition correspondant à la formule $C_{13}H_{12}N_4$ du diphényl formazane (calculé %, C 69,65; H 5,35; N 25,00; trouvé %, C 70,5; H 5,78; N 25,20). La comparaison directe avec un échantillon authentique confirme cette identification ([3]).

L'isolement de ce composé avec un bon rendement indique une coupure de la molécule au niveau de la liaison C(2′) — C(5). Effectivement, en évaporant les eaux mères d'où l'on a retiré le diphényl formazane, j'ai receuilli de longues aiguilles incolores (H_2O) d'un corps neutre facilement identifié avec la diméthyl-1.3 benzimidazolone F 113° (anhydre) ($C_9H_{10}ON_2$, calculé %, N 17, 28; trouvé %, 17,68) (F du mélange avec un échantillon ([4]) synthétique F 113°) (D_2).

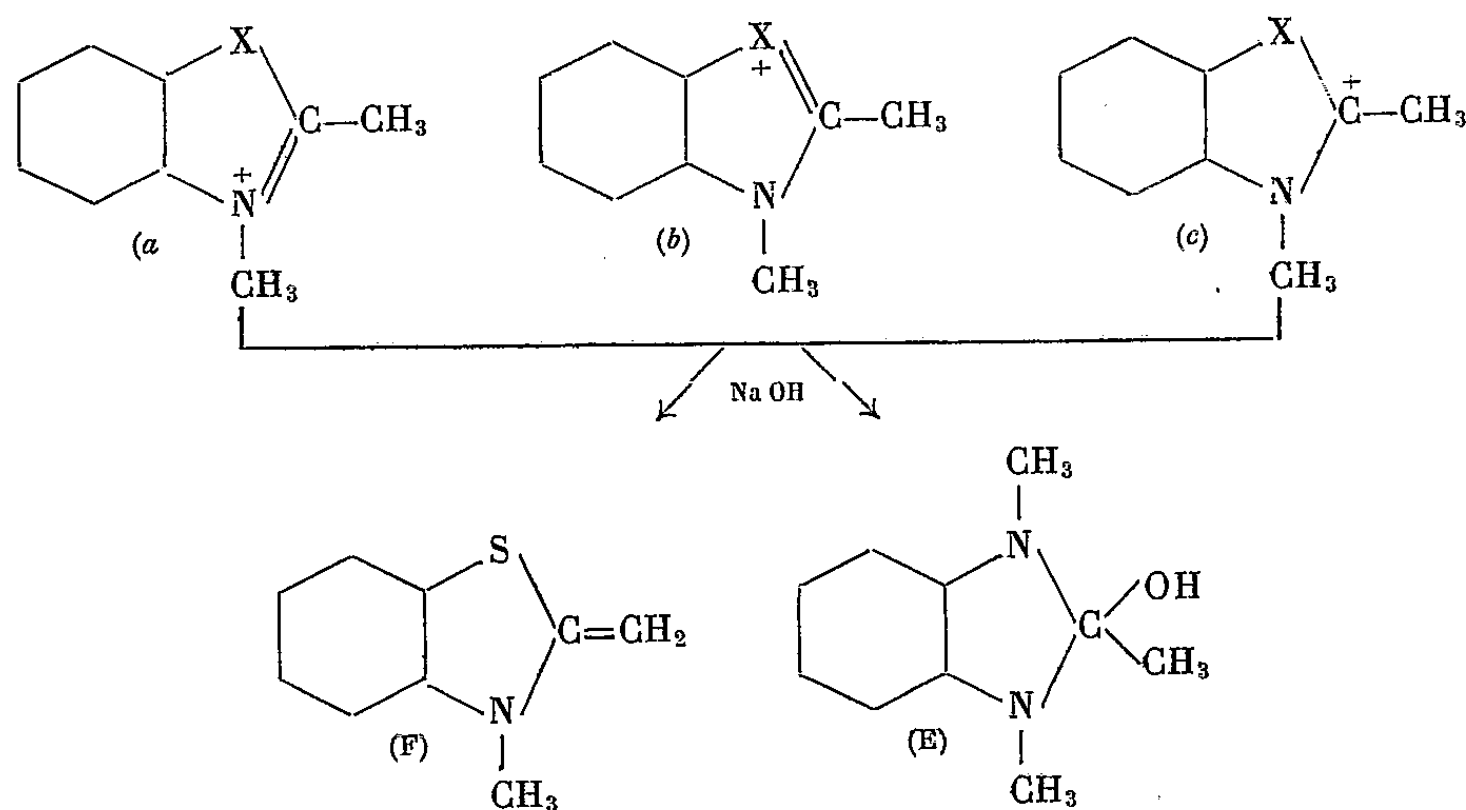
([3]) V. Pechmann, *Ber. deutsch. chem. Gesel.*, 25, 1892, p. 3186.

([4]) J. Pinnow et G. Sämann, *ibid.*, 32, 1899, p. 2189.

Dans les mêmes conditions le sel dichloré a fourni le di(*p* chlorophényl) formazane F 123°-124° et la même imidazolone.

Comme la soude alcoolique est sans action sur les colorants initiaux, la coupure est spécifique des sels (B). Ainsi, apparaît un curieux contraste entre ces composés et leurs isologues sulfurés. Ces derniers régénèrent en effet les colorants initiaux sous l'action de l'alcali.

On peut interpréter ces phénomènes de la façon suivante : le cation imidazolium présente un cas de dégénérescence de la mésomérie puisque, parmi les trois structures possibles (*a*, *b*, *c*), deux sont identiques (*a*, *b*). Dans les sels de thiazolium, ces structures, d'énergie différente, ne provoquent pas une stabilisation aussi importante du cycle.

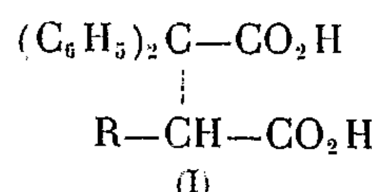


L'action de la soude est à rapprocher de celle du même réactif sur les sels de triméthylbenzimidazolium eux-mêmes. On isole facilement un carbinol stable (E) ([4]) alors que les sels de thiazolium donnent une base méthylène (F) ([5]). On peut donc penser que les sels (B) se transforment d'abord en une base du type (C). Si X est du soufre, cette base subit une réduction et une déshydratation aboutissant au colorant initial, stabilisé par la conjugaison des doubles liaisons. Si X est —N—CH_3, le carbone 2′ joue le rôle d'un carbonium par suite du déplacement des électrons vers les deux azotes cycliques. La fixation d'un OH^- sépare la partie imidazolique tandis que la partie tétrazolique est stabilisée par réduction en formazane. Des expériences nouvelles sont nécessaires pour éprouver la valeur de cette interprétation.

([5]) CLARK, *J. Chem. Soc. London*, 1928, p. 2313; *cf.* W. KÖNIG et MEIER, *J. prakt. Chem.*, 109, 1925, p. 334.

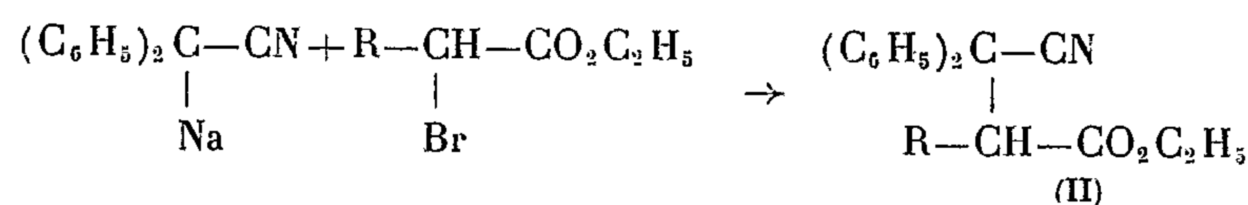
CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les acides αα-diphényl α′-alcoylsucciniques*. Note de M. **François Salmon-Legagneur** et Mme **Cécile Neveu**, présentée par M. Marcel Delépine.

La préparation des acides αα-diphényl α′-alcoylsucciniques, non encore signalés, du type :

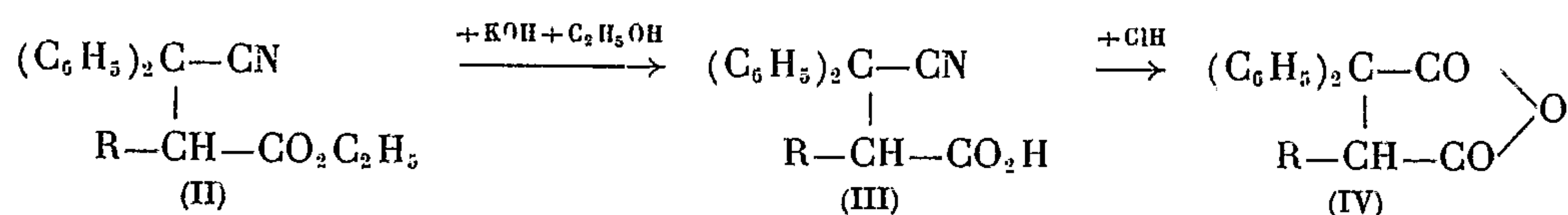


ou de leurs dérivés peut s'effectuer par la méthode à l'amidure de sodium tout à fait similaire à celle qui a permis à l'un des auteurs d'obtenir, il y a plusieurs années déjà, l'acide αα-diphénylsuccinique (1).

Le diphénylacétonitrile sodé par l'amidure de sodium, en milieu benzénique, est condensé avec les esters α-bromés (en prenant successivement $R = CH_3$, C_2H_5, $n.C_3H_7$ et $n.C_4H_9$) et conduit avec d'excellents rendements, s'échelonnant de 82 à 95 %, aux α-nitriles-esters α′-alcoylés (II) :



La saponification de ces derniers par la potasse alcoolique est assez laborieuse, mais donne plus ou moins aisément les acides-nitriles correspondants (III). Quand on traite ensuite ceux-ci par ClH concentré (en présence ou non d'acide acétique), contrairement à ce qui se passe pour l'acide nitrile αα-diphénylsuccinique (1), on obtient, non pas les diacides attendus, mais les anhydrides correspondants (IV) :



Il avait déjà été montré [1], [2], que la double substitution diphénylée en α de l'acide succinique rapprochait l'un de l'autre, très sensiblement, les deux groupes carboxylés. Dans le cas présent, ce rapprochement doit être encore beaucoup plus accentué, puisqu'on aboutit à l'anhydride dans une réaction où le diacide devrait normalement se former.

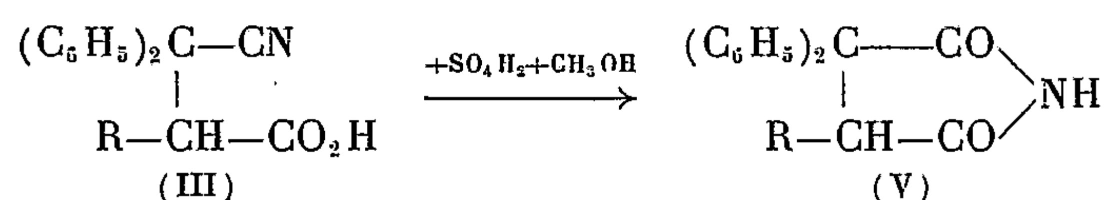
(1) F. Salmon-Legagneur, *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 1057 et *Bull. Soc. Chim.*, (6), 1952, p. 580.

(2) H. Le Moal, *Ann. Chim.*, (12), 1953, p. 871.

On peut isoler ce dernier (I), dans le cas de $R = CH_3$ et C_2H_5, en dissolvant l'anhydride obtenu (IV) dans NaOH à 10 % et en reprécipitant avec précaution par une très légère acidité. Les deux acides méthylé et éthylé, isolés dans ces conditions, paraissent stables; cependant l'acide αα-diphényl α'-éthylsuccinique, traité par l'acide chlorhydrique concentré, peut se retransformer en anhydride, ce qui ne se produit pas sensiblement dans ces conditions avec son homologue méthylé.

Quant aux anhydrides αα-diphényl α'-propyl- et αα-diphényl α'-butyl-succiniques, leur traitement par la soude et l'acidification subséquente nous ont conduits à des produits solides, comportant bien une double fonction acide, mais dont les points de fusion, situés entre 90° et 110°, se sont montrés peu nets et variables d'un échantillon à un autre. Jusqu'à présent il ne nous a pas été possible de recristalliser ces produits bruts de façon convenable pour les avoir parfaitement purs et stables. D'ailleurs, dans les deux cas, abandonnés à eux-mêmes, surtout en atmosphère sèche, ils se liquéfient peu à peu spontanément avec retransformation sans doute en anhydride. Il semble donc que la tendance pour ces nouveaux diacides à se transformer d'eux-mêmes en anhydride est d'autant plus grande que le radical alcoylé R est plus condensé en carbone.

Une autre preuve de l'influence de la substitution alcoylée en α' sur le rapprochement des deux fonctions acides ou dérivées est donnée par l'obtention très aisée des imides correspondantes (V) par simple chauffage des acides nitriles (III) en solution alcoolique (méthylique ou éthylique) d'acide minéral.



Normalement une pareille réaction d'estérification aurait dû redonner les nitriles-esters (II), comme on le constate quand on traite exactement dans les mêmes conditions l'acide-nitrile αα-diphénylsuccinique non alcoylé ([1]).

Nous donnons ci-dessous les points de fusion des principaux dérivés obtenus :

	Nature du radical R.................	CH_3.	C_2H_5.	$n.C_3H_7$.	$n.C_4H_9$.
	Condensation x de R...............	1.	2.	3.	4.
Esters-nitriles (II) :	$C_{18+x}H_{17+2x}O_2N$....	58- 59°	83°	97°	55- 56°
Acides-nitriles (III) :	$C_{16+x}H_{13+2x}O_2N$....	143-144°	154-155°	180-181°	163-164°
Anhydrides (IV) :	$C_{16+x}H_{12+2x}O_3$.....	112-113°	115-116°	69- 70°	57- 58°
Diacides (I) :	$C_{16+x}H_{14+2x}O_4$.....	230°	173-175°	–	–
Imides (V) :	$C_{16+x}H_{13+2x}O_2N$....	146-147°	145-146°	133-134°	121-122°
Diesters méthyliques :	$C_{18+x}H_{18+2x}O_4$.....	92- 93°	81- 82°	–	–

Il est à noter que les diesters diméthyliques correspondant aux diacides ont été également préparés; ils sont bien cristallisés pour $R=CH_3$ et C_2H_5 ; mais pour

l'instant ils n'ont été obtenus qu'à l'état huileux pour $R = n.C_3H_7$ et $n.C_4H_9$, ce qui n'est pas étonnant étant donné l'influence bien connue de ces deux radicaux sur l'abaissement des points de fusion.

Jusqu'à présent nous n'avons réalisé la préparation à l'état cristallisé des deux types d'esters-acides méthyliques possibles que dans le cas de $R = CH_3$

α'-Ester α-acide méthylique $C_{18}H_{18}O_4$: $(C_6H_5)_2C(CO_2H) - (CH_3)CH - CO_2CH_3$, F : 153-154°,

α-Ester α'-acide méthylique $C_{18}H_{18}O_4$: $(C_6H_5)_2C(CO_2CH_3) - (CH_3)CH - CO_2H$, F : 140-142°.

Nous comptons poursuivre ce travail en effectuant notamment des mesures de constantes d'ionisation sur les principaux produits acides obtenus.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la formation d'un composé du type acide rubazonique.* Note de MM. **Henri Moureu**, **Paul Chovin** et **Louis Petit**, présentée par M. Charles Dufraisse.

Le déroulement normal des expériences que nous poursuivons [1] sur l'action des amines primaires et secondaires sur les esters α-bromés $\alpha.\beta$-éthyléniques nous a conduits à examiner le comportement de la phénylhydrazine vis-à-vis de l'α-bromocinnamate d'éthyle, $C_6H_5-CH=CBr-CO_2C_2H_5$. On pouvait s'attendre à ce que cette amine, d'une structure particulière, n'obéisse pas aux règles que nous avons établies relativement aux amines primaires, mais la réaction s'est révélée encore plus complexe qu'il n'avait été prévu.

Déjà l'apparition d'ammoniac et d'aniline, témoins d'une hydrogénolyse de la molécule de phénylhydrazine, manifeste la réalité de certains transferts d'hydrogène, donc de réactions parasites d'oxydoréduction. En outre, de nombreuses résines accompagnent les produits définis isolables qui finalement ne se forment qu'avec un rendement global de l'ordre de 20 %. Enfin, ces produits, que la chromatographie révèle être au nombre de trois, bien que dérivant tous du squelette pyrazolonique, présentent des structures relativement compliquées. Ce sont :

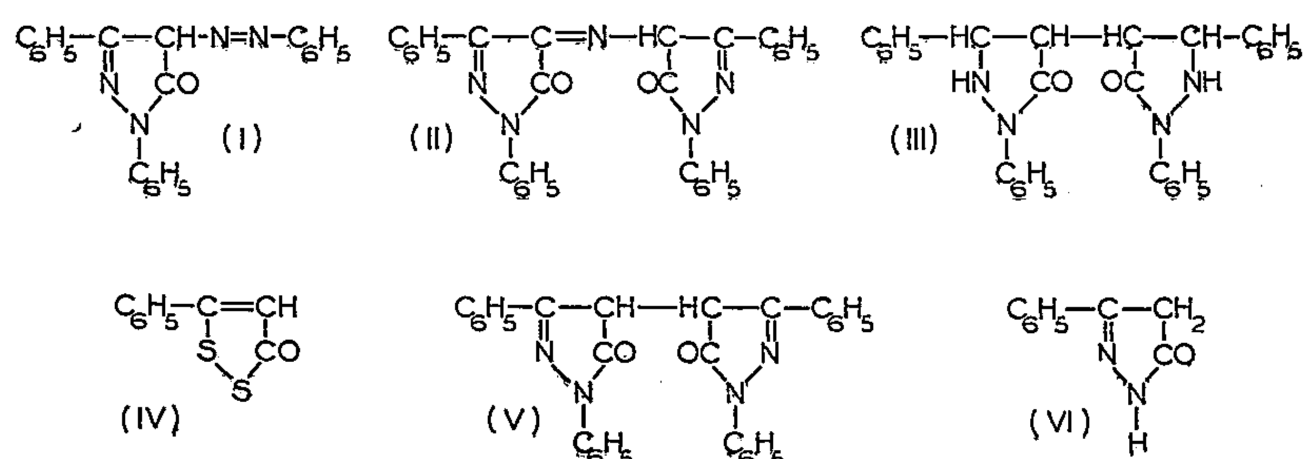
— Un dérivé azoïque (I) en aiguilles orangées, fondant à 173°.

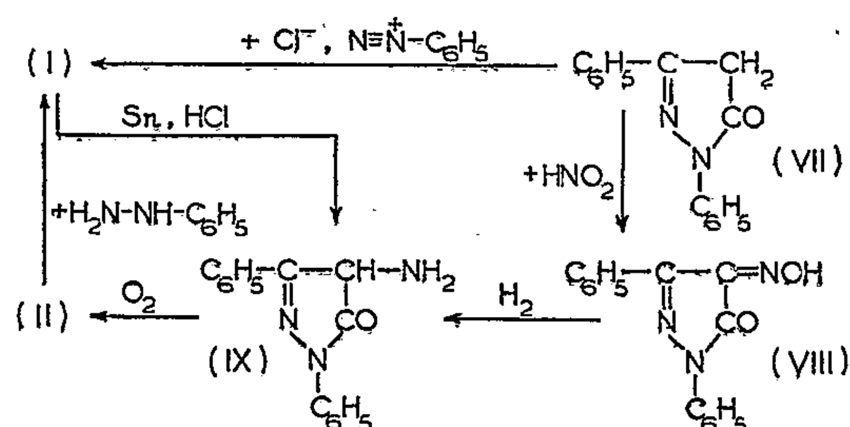
— Un composé (II), en aiguilles d'un beau rouge rubis, fondant à 251°, analogue diphénylé des acides rubazoniques, et qui n'en diffère que par le remplacement des radicaux méthyles, présents en 3,3' chez le principal représentant de cette curieuse classe de corps, par deux radicaux phényles.

— Enfin, un composé entièrement saturé (III), en aiguilles incolores, fondant à 336°, qui n'apparaît d'ailleurs qu'en très faible proportion, et auquel nous avons attribué la structure d'une bis diphénylpyrazolidone.

(1) H. Moureu, P. Chovin, M. Garein et J. Ventrillard, *Bull. Soc. Chim.*, 1952, p. 296; H. Moureu, P. Chovin et L. Petit, *ibid.*, 1952, p. 443; H. Moureu et P. Chovin, *ibid.*, 1953; p. 586; H. Moureu, P. Chovin et L. Petit, *ibid.*, 1955, p. 1573.

Il se trouve que les composés (I) et (II) sont connus de longue date. En effet, dès 1887, L. Knorr et C. Klotz ([2]), obtenaient le composé azoïque (I) par copulation de la diphényl-1.3 pyrazolone-5, (VII), avec le chlorure de benzène diazonium, ce que nous avons vérifié.





A peu près à la même époque, en 1892, S. Ruhemann ([3]), étudiant la même réaction que nous, isolait les deux mêmes produits, mais, induit en erreur par des difficultés de séparation que nous n'avons pu résoudre que par l'emploi de la chromatographie, leur attribuait des structures insoutenables aujourd'hui. Il est curieux de constater qu'aucun des auteurs qui eurent par la suite entre les mains les composés (I) et (II) ne firent le rapprochement avec les produits obtenus par Ruhemann. Ainsi, deux ans après, Rothenburg ([4]), réduisant (I) par l'étain et l'acide chlorhydrique, puis oxydant au moyen du chlorure ferrique le dérivé intermédiaire formé, sans l'isoler, parvenait à (II). Enfin, plus près de nous, B. Böttcher et F. Bauer ([5]) les retrouvaient en faisant agir la phénylhydrazine sur le disulfure (IV). Ils montraient que se forme simultanément la bis diphénylpyrazolone de Knorr (V), ce qui distingue nettement la réaction de ces auteurs de celle que nous étudions, puisque c'est le dérivé tétrahydrogéné (III) qui est, pour nous, le troisième constituant.

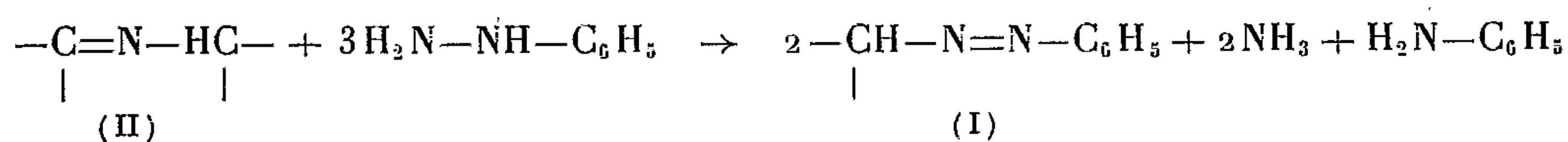
Il était important de préciser les relations existant entre les produits princi-

([2]) *Ber.*, 20, 1887, p. 2545.
([3]) *J. Chem. Soc.*, 61, 1892, p. 279.
([4]) *Ber.*, 27, 1894, p. 783.
([5]) *Ann.*, 568, 1950, p. 227.

paux (I) et (II), le produit (III), particulièrement inerte, n'ayant pu être rattaché, en aucune manière, ni à (I) ni à (II).

A cet effet, nous avons établi qu'il est possible de passer du corps rouge (II) au corps orangé (I) par la seule action de la phénylhydrazine à chaud.

Mais il s'agit, là encore, d'une transformation complexe, s'accompagnant de la formation d'ammoniac et d'aniline, qu'un bilan analytique rigoureux permet de formuler comme suit :



$$-\underset{|}{C}{=}N{-}\underset{|}{HC}{-}\ (II) + 3H_2N{-}NH{-}C_6H_5 \rightarrow 2\,{-}\underset{|}{CH}{-}N{=}N{-}C_6H_5\ (I) + 2NH_3 + H_2N{-}C_6H_5$$

Le passage inverse du corps orangé au corps rouge est réalisable, ainsi que l'avait indiqué Rothenburg (*loc. cit.*). Mais nous avons trouvé que la dernière phase de la transformation peut s'effectuer spontanément sous l'influence de l'oxygène de l'air. Cela suggère que le composé intermédiaire résultant de la réduction de (I) est l'amine (IX). S'il en est bien ainsi, un moyen de parvenir à (II) par l'intermédiaire de (IX) était de partir du dérivé isonitrosé (VIII). Effectivement, on obtient bien (II) en réduisant (VIII) et en oxydant le produit de réduction, mais sans que ce dernier soit isolable. Considérée de ce point de vue, cette réaction constitue donc un nouveau mode d'obtention du composé rouge (II) du type acide rubazonique. En outre, comme le dérivé isonitrosé (VIII) s'obtient de façon simple en faisant réagir l'acide nitreux sur la diphényl-1,3 pyrazolone-5, (VII), on voit que ce dernier composé peut servir à préparer aussi bien le corps orangé (I) que le corps rouge (II).

La réaction de la phénylhydrazine sur l'α-bromocinnamate d'éthyle présente donc un caractère anormal et cette particularité est d'autant plus frappante que l'hydrazine elle-même réagit sans complication excessive : il se forme, avec un rendement voisin de 75 %, la phényl-3 pyrazolone-5 (VI). Bien que, dans cette réaction, l'hydrazine se comporte d'une manière différente de celle que nous avons observée avec les amines primaires, il n'en reste pas moins que l'on n'éprouve pas de difficulté majeure d'interprétation. Il en est tout autrement dans le cas de la phénylhydrazine, ce qui ajoute encore à l'intérêt qui s'attache à l'examen détaillé de cette réaction complexe, sur le mécanisme de laquelle nous nous proposons de revenir.

CRISTALLOGRAPHIE. — *Étude cristallographique de deux isomères de l'octochlorocyclohexènone.* Note de MM. **Léon Denivelle, Roland Fort**, Mme **Berthe Rérat** et M. **Claude Rérat**, présentée par M. Charles Mauguin.

Une étude cristallographique d'octochlorocyclohexènones, C_6OCl_8, préparées par différentes méthodes, nous a permis d'isoler un isomère triclinique (F 105-106°) qui n'a encore jamais été décrit. Nous appelons provisoirement « octochlorocyclohexènone δ » cet isomère dont la constitution n'est pas encore établie.

Plusieurs dérivés de formule globale C_6OCl_8, résultant de chlorurations prolongées du pentachlorophénol, sont décrits dans la littérature chimique [1], [2], [3], [4], [5], sous les noms « d'*octochlorophénols* ». Ces composés dont les structures respectives n'ont jamais été établies, sont probablement des octochlorocyclohexènones isomères.

On trouve dans un travail de Barral [3], une étude cristallographique qui permet de distinguer trois de ces isomères : α-, orthorhombique (F 103-104°), β-, orthorhombique (F 90°), et γ-, monoclinique (F 88-89°).

La chloruration poussée du pentachlorophénol, en solution dans l'acide acétique anhydre, selon la technique décrite par Benedikt [1], nous a conduit à une octochlorocyclohexènone exclusivement constituée de cristaux tricliniques (F 105-106°), ne s'identifiant avec aucun des isomères décrits par Barral. « L'*octochlorophénol* » préparé de cette façon [1], [2], [4] a toujours été confondu dans la littérature chimique [3], [5], avec l'isomère α- de Barral; probablement en raison de la similitude des points de fusion. L'étude cristallographique montre qu'il s'agit en fait d'un nouvel isomère, qui n'avait encore jamais été reconnu; nous proposons de le désigner provisoirement par le terme d'octochlorocyclohexènone-δ.

Il est à signaler également, qu'au cours d'un essai de chloruration du pentachlorophénol, selon la technique utilisée par Barral [3], nous avons isolé un mélange d' « *octochlorophénols* » contenant approximativement 32 % de l'isomère δ que nous décrivons aujourd'hui, et 67 % d'un isomère fondant à 85°, dont les caractéristiques cristallographiques sont celles de l'isomère γ, monoclinique. Ces résultats diffèrent donc notablement de ceux de Barral : d'une part, nous avons trouvé outre l'isomère δ, inconnu jusqu'ici, des quantités importantes d'isomère γ dont Barral n'avait trouvé que des traces et, d'autre part, nous n'avons retrouvé ni l'isomère α (F 103°) ni l'isomère β (F 90°).

Nous avons établi que la constitution chimique de l'octochlorocyclohexénone-δ est différente de celle de l'isomère γ; les spectres d'absorption dans l'infrarouge de ces deux composés sont distincts, et le maximum d'absorption de l'isomère δ, dans l'ultraviolet, est situé à 236-237 mμ ($\varepsilon = 9\,500$) alors qu'il est situé à 267-268 mμ ($\varepsilon = 10\,500$) pour l'isomère γ. Nous nous proposons d'essayer d'éclaircir ultérieurement ce cas d'isomérie, mais nous indiquons dès maintenant les données cristallographiques permettant de caractériser les deux isomères.

1. *Octochlorocyclohexènone-δ* (F 105-106°). — Le composé brut recristallisé,

---

(1) R. BENEDIKT et M. SCHMIDT, *Monatsheft*, 4, 1883, p. 606-607.

(2) T. ZINCKE et C. SCHAUM, *Ber.*, 27, 1894, p. 550-551.

(3) E. BARRAL, *Bull. Soc. Chim.*, 13, 1895, p. 490-492 et *Thèse de doctorat*, Paris, 1895.

(4) H. BILTZ et W. GIÈSE, *Ber.*, 37, 1904, p. 4021-4022.

(5) W. D. STEWART et J. H. STANDEN, Brevet U. S. P. n° 2.657.126, octobre 1953.

soit de l'acide acétique, soit de l'éther de pétrole, donne des cristaux incolores appartenant au système triclinique.

Les mesures goniométriques effectuées sur les faces les plus développées, 010, 001 et 110, donnent :

$$\widehat{001, 110} = 99°09 \pm 15';$$

$$\widehat{010, 110} = 51°25' \pm 15';$$

$$\widehat{010, 001} = 80°04' \pm 15'.$$

L'étude complète du réseau polaire a été effectuée au moyen d'une chambre de Weissenberg, en utilisant le rayonnement $K\alpha_1$ du cuivre ($\lambda = 1{,}54050$ Å), après étalonnage par un diagramme de fil de cuivre ($a_0 = 3{,}6153$ Å). Les paramètres de la maille calculés à partir des données goniométriques et radiocristallographiques sont les suivants :

$$a_0 = 8{,}44\,\text{Å} \pm 0{,}02\,\text{Å}; \qquad \alpha = 103°48' \pm 35';$$
$$b_0 = 12{,}6\,\text{Å} \pm 0{,}1\,\text{Å}; \qquad \beta = 69°45' \pm 15';$$
$$c_0 = 6{,}00\,\text{Å} \pm 0{,}05\,\text{Å}; \qquad \gamma = 103°40' \pm 40'.$$

La densité mesurée à la balance de Westphall, $d = 2{,}08 \pm 0{,}01$ g/cm³, a permis de déterminer que le nombre de molécules par maille est $Z = 2$ (la valeur calculée est $Z = 1{,}97 \pm 0{,}04$).

2. *Octochlorocyclohexènone*-γ (F 85°). — Cet isomère est plus soluble dans l'hexane ou l'acide acétique, que le dérivé δ; les cristaux que nous avons isolés par fractionnement du produit brut dans l'hexane, se présentent sous la forme de prismes incolores monocliniques, allongés suivant l'axe [001]. La face 100 est généralement la plus développée.

L'étude radiocristallographique, réalisée dans les mêmes conditions que précédemment, a permis d'obtenir les paramètres avec une assez bonne précision, par l'observation des réflexions d'ordre élevé sur les plans 100, 010 et 001. Nous avons conservé la valeur $\beta = 123°26'$ mesurée par Barral au goniomètre optique ([3]); le diagramme de Weissenberg nous a donné $\beta = 123°30' \pm 30'$. Les paramètres de la maille sont les suivants :

$$a_0 = 12{,}50\,\text{Å} \pm 0{,}04\,\text{Å};$$
$$b_0 = 13{,}76\,\text{Å} \pm 0{,}03\,\text{Å};$$
$$c_0 = 8{,}38\,\text{Å} \pm 0{,}07\,\text{Å}.$$

Les rapports $a:b:c = 0{,}8996:1:1{,}2060$ obtenus par Barral ([3]), sont en accord avec ceux obtenus au moyen des rayons X lorsqu'on double le paramètre c; ainsi $a:b:2c = 0{,}9084:1:1{,}2180$.

Les réflexions $h0l$ n'existent que pour $l = 2n$, les réflexions $0k0$ pour $k = 2n$,

le groupe de recouvrement est donc $P\,2_1/c$. Le nombre de molécules par maille établi à partir de la densité ([3]) $d = 2{,}058$ g/cm^3, correspond à $Z = 4$ (la valeur calculée étant $Z = 4{,}00 \pm 0{,}05$).

RADIOCRISTALLOGRAPHIE. — *La molécule d'eau dans le cristal de lithine monohydratée.* Note de Mlle HÉLÈNE RABAUD, présentée par M. Charles Mauguin.

La structure cristalline de LiOH, H_2O a été déterminée par R. Pepinski ([1]). La maille monoclinique ($a = 7{,}57$ Å, $b = 8{,}26$ Å, $c = 3{,}19$ Å) appartient au groupe holoèdre $C^3_{2h}(C\,2/m)$ et contient 4 mol. Nous avons repris cette structure, dans le but d'en préciser les détails et de localiser les atomes d'hydrogène. Des diagrammes de diffraction ont été obtenus au moyen du rétigraphe ([2]), en employant le rayonnement K_αMo. Les intensités des taches ont été évaluées par comparaison visuelle avec une échelle d'intensité spéciale ([2]).

Les positions atomiques et les distances interatomiques publiées par R. Pepinsky se sont révélées exactes, à très peu près $u_{y(\mathrm{Li})} = 0{,}348$, au lieu de 0,350; $u_{x(\mathrm{OH})} = 0{,}285$, au lieu de 0,286; $u_{y(\mathrm{H_2O})} = 0{,}207$ au lieu de 0,211. Les distances les plus modifiées sont Li–Li $= 2{,}51$ au lieu de 2.48 Å, OH---$OH_2 = 2{,}66$ au lieu de 2,68 Å.

Nous avons affiné au maximum la projection de la structure sur le plan perpendiculaire à [001], par l'emploi de la méthode des fonctions-différences de W. Cochran ([3]) que nous calculions au moyen du photosommateur de G. Von Eller ([4]).

Nous avons été amenés à introduire dans le calcul des facteurs de structure $[F(hk0)_{\mathrm{calc}}]$, un facteur d'agitation thermique différent pour chaque atome :

La contribution de Li aux F_{calc} est multipliée par $\exp[-B(\sin^2\theta/\lambda^2)]$ avec $B = 1{,}35$, celle de OH par un facteur identique avec $B = 0{,}95$, celle de OH_2 par le même facteur avec $B = 1{,}50$. En même temps, nous avons dû corriger les facteurs de structure observés $[F(hk0)_{\mathrm{obs}}]$ de l'extinction secondaire.

$$F'(hk0)_{\mathrm{obs}} = F(hk0)_{\mathrm{obs}} \exp(-K I_{hk0}) \qquad \text{avec} \quad K = 0{,}75.10^{-3}.$$

Le facteur de reliabilité ($R = \Sigma | F_{\mathrm{obs}} - F_{\mathrm{calc}} | / \Sigma | F_{\mathrm{calc}} |$) qui était de 0,18 au départ, a été réduit à la valeur de 0,074.

La dernière fonction différence présente encore des accumulations de « densités » positives ou négatives de faibles valeurs : les plus fortes ne dépassent

---

([1]) *Phys. Rev.*, 55, 1939, p. 1115.
([2]) R. GAY et J. CLASTRE, *J. Phys. Rad.*, 14, 1953, p. 53 S.
([3]) *Acta Crystal*, 4, 1951, p. 81.
([4]) *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 2333.

pas l'équivalent d'un demi-électron d'hydrogène (1/2 de la fonction de densité électronique de l'atome d'hydrogène). Ces anomalies proviennent pour une part des erreurs d'observation sur les facteurs de structures $F(hkO)_{obs}$. Mais l'erreur relative moyenne sur les intensités des taches étant de l'ordre de 5 %, les anomalies de densité qui en résultent peuvent être estimées comme au plus égales à environ 1/4 d'électron d'hydrogène. Si l'on ne considère, sur la fonction

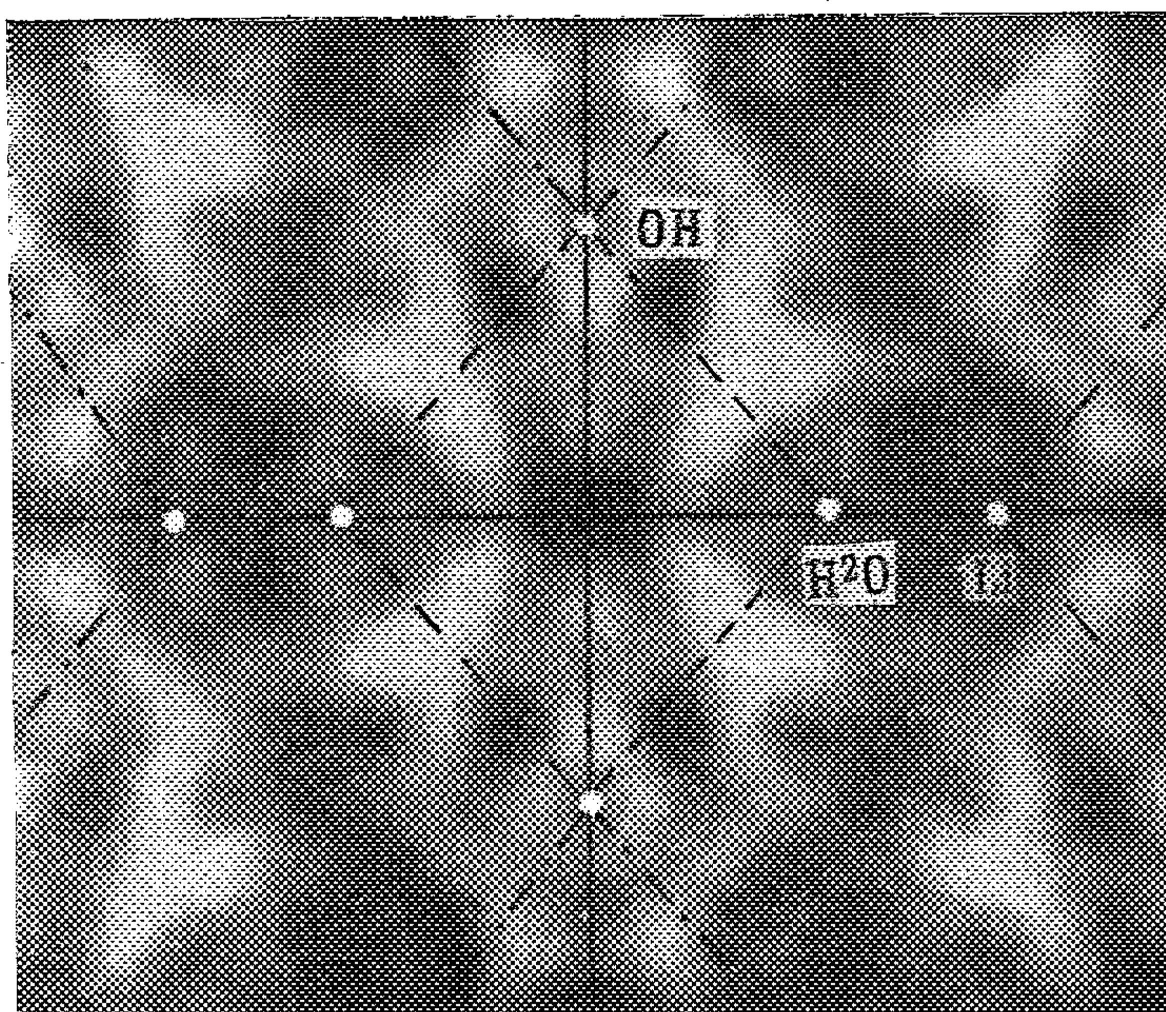


Fig. 1. — Projection perpendiculaire à c de la fonction-différence : R = 0,074.

différence que les anomalies qui dépassent cette valeur, il n'en reste que deux : la première, localisée sur les liaisons OH_2—OH (= 2,66 Å) a la forme d'une barrette perpendiculaire à la liaison O O. Nous l'avons décomposée en deux amas électroniques équivalents chacun à 1/2 électron d'hydrogène (un troisième amas de 1/4 d'électron donne à la barrette une forme d'Y, mais n'a pas été pris en considération). Cette localisation permet de réduire le facteur de reliabilité R, de la valeur 0,074 à la valeur 0,060. Nous pouvons interpréter la forme en barrette des deux électrons d'hydrogène qui jouxtent l'atome d'oxygène ($u_y = 0,207$), par l'hypothèse d'une oscillation thermique de la molécule d'eau : l'amplitude de cette oscillation serait de ± 20° environ.

Dans cette hypothèse les dimensions et la forme de la molécule d'eau serait à peu près conservées : distance O-H--- = 1 Å, angle --H-O-H-- = 100°. La liaison HO—H———OH (= 2,66 Å) se montrerait trop faible pour maîtriser entièrement l'énergie de rotation de la molécule d'eau.

La deuxième anomalie, équivalente encore à un demi-électron d'hydrogène,

se trouve dans l'atmosphère électronique de l'ion OH^-, au voisinage immédiat de la liaison $Li^+—OH^- = 1,95$ Å, et à une distance de 1,2 Å du centre de l'oxygène. Le voisinage de Li^+, ne permet pas de penser à une localisation en

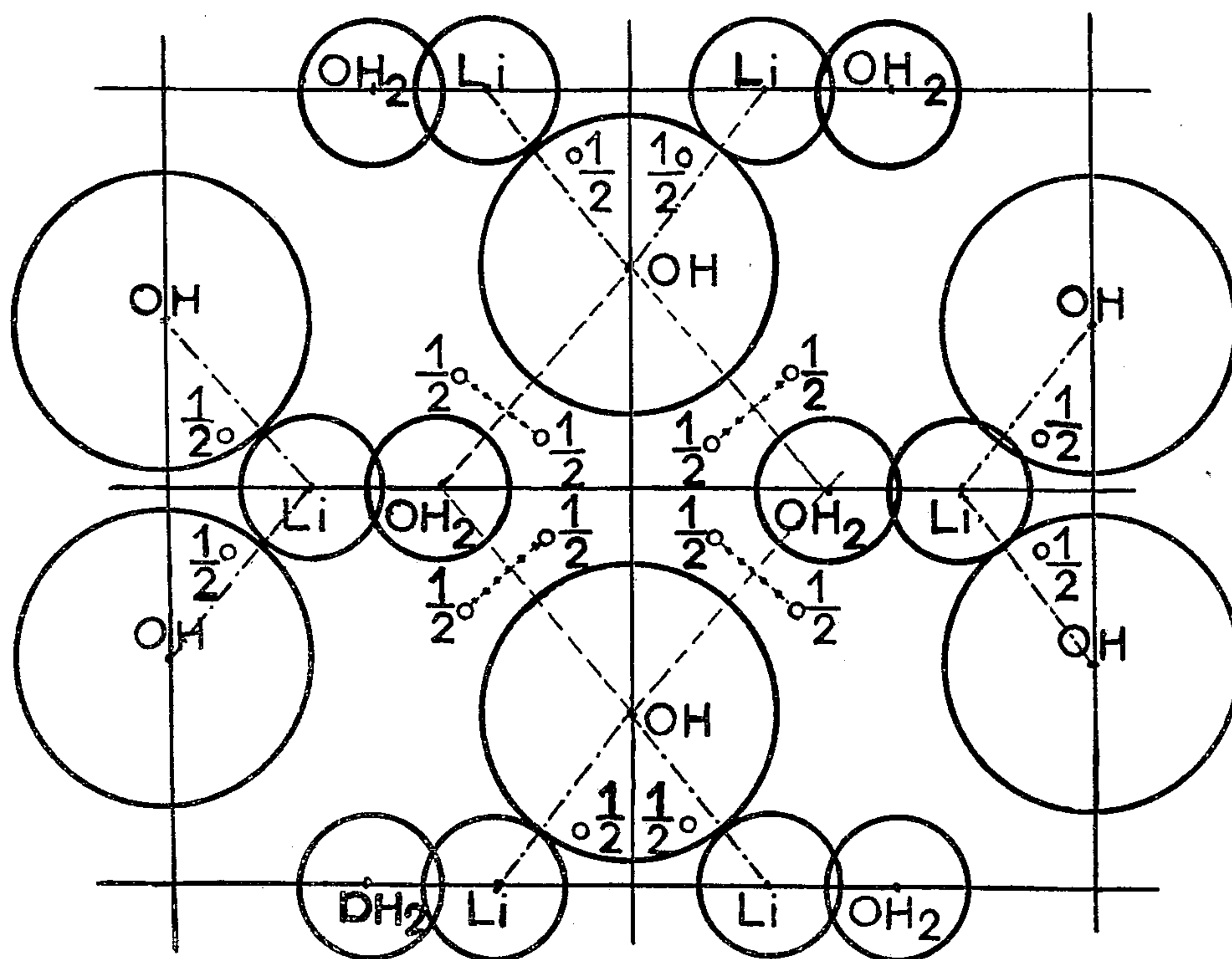


Fig. 2. — Représentation schématisée de cette fonction-différence, après correction des anomalies : R = 0,060.

ces points de l'atome H de OH^-. Nous pensons plutôt à une localisation électronique due au caractère covalent de la liaison ionique $Li^+—OH^-$.

L'hydrogène de l'ion OH^- n'a pas pu être localisé sur cette projection. Il pourra peut-être apparaître sur une autre projection dont l'étude est en cours.

GÉOLOGIE. — *Observations nouvelles sur le « flysch » au pied du Grand Pic de l'Ouarsenis (Algérie).* Note (*) de MM. **Gilbert Cheylan**, **Jean Magné** et **Maurice Mattauer**, présentée par M. Pierre Pruvost.

Les anciens auteurs avaient qualifié de « flysch albo-aptien » les terrains affleurant autour du massif calcaire de l'Ouarsenis. Ce « flysch albo-aptien » comprend en réalité, outre de l'Albien, du Burdigalien, du Bartonien, de l'Éocène inférieur, du Sénonien, du Néocomien et du Jurassique.

(*) Séance du 14 décembre 1955.

D'importantes masses de calcaires jurassiques apparaissant brutalement au milieu d'un pays schisteux, dit crétacé, forment l'ossature du Massif culminant de l'Ouarsenis. Depuis près de 100 ans de nombreux auteurs (Nicaise, Ficheur, Repelin, Dalloni) ont étudié ce curieux massif et tenté d'en expliquer les anomalies; une importante monographie vient tout récemment d'y être consacrée par L. Calembert [1].

Nous avons pu depuis y faire quelques nouvelles observations; elles ne concernent, il est vrai, que le « flysh albo-aptien » des auteurs antérieurs, mais méritent d'être signalées en raison des répercussions qu'elles pourraient avoir sur les explications proposées jusqu'à présent.

An Sud-Ouest de Bou Caïd et à l'Ouest du Grand Pic apparaît, en effet, bien soulignée par la morphologie, une épaisse série de direction générale Nord-Ouest-Sud-Est; très redressée, elle offre cependant un pendage Sud constant. Elle était jusqu'à présent exclusivement attribuée à l' « Albo-Aptien ». Mais le long d'une coupe Est-Sud-Est-Ouest-Nord-Ouest partant du col situé entre Molière et Bou Caïd on peut en réalité observer d'Est en Ouest, c'est-à-dire de bas en baut :

1° Environ 150 m d'argiles schisteuses verdâtres, azoïques, à rares grès quartzites; il s'agit très probablement de l'Albien, ce même faciès étant surmonté à Bou Caïd par les marnes, marno-calcaires et calcaires de l'Albien supérieur-Vraconien pars, caractérisé (en $x=402,280$ et $y=288,780$) par *Thalmanninella ticinensis* Gandolfi, *Ticinella roberti* Gandolfi *Anomalina breggiensis* Gandolfi et de nombreuses Globigérines.

2° 30 m de marnes, grès, calcaires et conglomérats à galets de Jurassique, d'Aptien et de roches éruptives primaires (pegmatite) : le pendage est d'environ 60° Ouest. Les marnes ont fourni (en $x=401,600$ et $y=287,320$) : *Globigerinoides triloba* Reuss abondant, *G. sacculifera* var. *irregularis* Le Roy, *Globigerina bulloides* var. *quadripartita* Koch, *Nonion pompilioides* Fichtel et Moll, *Haplophragmoides* sp. Cette microfaune indique un âge miocène inférieur. Les calcaires contiennent de très nombreuses Miogypsines : d'après C. W. Drooger il s'agit très probablement de *Miogypsina* (*Miogypsina*) *intermedia* Drooger du Burdigalien supérieur d'Aquitaine.

3° Quelques mètres d'argiles schisteuses verdâtres rappelant le faciès de l'Albien; latéralement cette bande schisteuse s'élargit et il s'y intercale des marnes schisteuses noires qui nous ont donné (en $x=401,040$ et $y=287,900$, en $x=400,960$ et $y=288,020$, en $x=401,120$ et $y=287,800$) des microfaunes caractéristiques du Bartonien avec : *Globorotalia centralis* Cush. et Bermudez, *G. cerro-azulensis* Cole, *Globigerina dissimilis* Cush et Bermudez, *G. bulloides* var. *cryptomphala* Glaessner, *G. rotundata* var. *jacksonensis* Bandy, *G. linaperta* Finlay, *G. ouachitaensis* Hove et Wallace, etc.

4° Une centaine de mètres de grès et de marnes sableuses (pendage 70° Ouest) ayant fourni (en $x=401,400$ et $y=287,600$) quelques individus de *Globigerinoides triloba* et *Globorotalia* cf. *mayeri* Cushman et Ellisor. Ces niveaux sont attribuables au Miocène inférieur.

5° un banc de grès quartzite de 10 m de puissance : en l'absence de tout argument palé-

---

[1] *Bull. serv. Carte géol. Alger*, 2e série, n° 23, 1952.

ontologique il nous est impossible de le dater; mais le faciès rappelle celui des quartzites de l'Albien ;

6° 50 à 100 m de marnes brunes ou noires, souvent schisteuses. Il s'agit de Bartonien caractérisé (en $x = 401,200$ et $y = 287,520$) par *Globigerina linaperta*, *G. dissimilis*, *Globorotalia cerro-azulensis*, *Haplophragmoides* sp.

7° Après un contact anormal jalonné de Trias (cargneules, dolomies et roches vertes) de nouveaux affleurements comprenant des calcaires à silex et des marnes blanchâtres. Les calcaires à silex appartiennent à l'Éocène inférieur. Ils renferment (en $x = 401,180$ et $y = 287,400$) de très nombreuses Globigérines à test épais, des *Globorotalia* (*Truncorotalia*) et parfois des Radiolaires calcitisés. Les marnes blanchâtres représentant le Paléocène assez élevé nous ont fourni (en $x = 400,860$ et $y = 287,560$) une microfaune à : *Globigerina linaperta*, *G. soldadoensis* Bronnimann, *Globorotalia acuta* Toulmin, *G. crassata* var. *æqua* Cushman et Renz, *G.* cf *aragonensis* Nuttall, *G. aragonensis* var. *caucasica* Glaessner, *Clavulinoides algeriana* Ten Dam et Sigal, etc.;

Dans cette même bande d'affleurements on trouve (en $x = 401,380$ et $y = 287,380$), des marnes grises à riche microfaune du Sénonien supérieur : *Globotruncana fornicata* Plummer, *G. conica* Wite, *G. linnei* d'Orbigny, *G. elevata elevata* Brotzen, *G. elevata stuartiformis* Dalbiez, *Biglobigerinella algeriana* Ten Dam et Sigal, *Gumbelina* sp., etc.

Localement le contact anormal est souligné par des lambeaux de Miocène inférieur, grès et marnes ($x = 401,240$ et $y = 287,460$) à *Globigerinoides triloba*, *G. sacculifera* var. *irregularis*, *Globorotalia* cf. *mayeri*.

8° Quelques dizaines de mètres d'argiles schisteuses probablement albiennes. Entre 7° et 8° on observe également quelques lambeaux de Miocène inférieur caractérisé (en $x = 401,280$ et $y = 287,340$) par : *Globigerinoides triloba*, *Globorotalia* cf. *mayeri*, *Uvigerina* cf. *rustica* Cushman et Edwards, *Lenticulina* sp., *Cibicides* sp., *Haplophragmoides* sp.;

9° Un nouveau contact anormal souligné de Trias. Reposant par la tranche sur la surface du contact anormal peu inclinée apparaît une série redressée dans laquelle on reconnaît :

une vingtaine de mètres de calcaires à silex et calcaires à filaments du Dogger;

40 m de marno-calcaires et marnes à faciès Ammonotico-rosso de l'Oxfordo-Argovien ;

plus de 100 m de calcaires en petits bancs alternant avec des marnes du Tithonique et du Néocomien. Les calcaires nous ont fourni en lames minces (en $x = 400,700$ et $y = 287,520$) : *Calpionella alpina* Lorenz (abondante), quelques *Calpionella elliptica* Cadisch, *Tintinnopsella carpathica* Murgeanu et Filipescu, *Stenosemellopsis hispanica* Colom et des zoospores de *Globochæte alpina* Lombard. Cette association caractérise le Tithonique. Les bancs prélevés en $x = 400,640$ et $y = 287,520$ et en $x = 400,580$ et $y = 287,500$ sont également très riches en Calpionelles avec *Calpionella alpina* et *C. elliptica*, parfois associées à des Radiolaires épigénisés en calcite. Il s'agit toujours de Tithonique.

Dans l'ensemble les faciès de ce Jurassique sont ceux du Grand Pic.

10° Surmontant cette série, peut-être normalement, du flysch crétacé inférieur (Albien?),

11° Un contact anormal injecté de Trias supportant du Sénonien et de l'Éocène.

L'enveloppe des masses jurassiques du Massif Culminant de l'Ouarsenis est donc beaucoup plus complexe qu'on ne le supposait, puisqu'il ne s'agit plus exclusivement d'Albo-Aptien. Comme l'évolution des massifs jurassiques ne saurait être dissociée de celle de leur enveloppe, il en résulte que l'histoire du massif culminant est à reconsidérer d'autant plus que la coupe que nous venons de décrire apparaît au pied de la série renversée du Grand Pic.

GÉOLOGIE. — *Sur la répartition des zones de faciès et sur l'âge des dépôts purbeckiens dans le Jura français.* Note (*) de M. **Pierre Donze**, présentée par M. Pierre Pruvost.

Les dépôts purbeckiens du Jura français sont répartis selon des zones dont le caractère continental s'accroît quand on s'éloigne du domaine subalpin. Ils ne correspondent dans le Jura qu'à la partie inférieure et à la base de la partie moyenne du Purbeckien anglais, mais en Bresse, ils en comprennent aussi la partie supérieure.

Dans son étude sur le Purbeckien du Jura, Maillard [1] distingue deux domaines paléogéographiques : celui des marnes à gypse et celui des couches saumâtres supérieures.

L'utilisation systématique des méthodes micrographiques me permet de décrire d'une manière plus précise la grande variété des faciès et leur distribution dans l'ensemble du Jura français.

Les nombreuses coupes étudiées se groupent autour d'une douzaine de types moyens dont les représentants ne sont pas répartis au hasard, mais selon des zones parallèles à une direction privilégiée. Celle-ci, sensiblement Sud-Sud-Ouest-Nord-Nord-Est dans le Jura méridional, s'infléchit quelque peu vers l'Est à la hauteur de Saint-Claude pour devenir Sud-Ouest-Nord-Est dans le Jura central et septentrional. Ainsi, lorsqu'on franchit le Jura du Sud-Est au Nord-Ouest, d'Annecy à Lons-le-Saunier par exemple, on recoupe successivement les différentes zones de faciès, caractérisées chacune par la nature et l'importance qu'y prennent les dépôts d'émersion.

Dans les chaînons jurassiens les plus proches des massifs subalpins, où l'on sait que la sédimentation marine est restée continue du Jurassique au Crétacé, les dépôts lacustres sont peu épais, parfois même presque inexistants, tandis que dans les zones suivantes, il existe une alternance de niveaux lacustres, saumâtres et marins. Les intercalations marines, qui marquent encore ici la proximité des rivages, disparaissent vers le Nord-Ouest où l'on ne trouve plus que des dépôts d'émersion, tout d'abord à dominante saumâtre, puis à prépondérance lacustre. Corrélativement, les épaisseurs se réduisent progressivement, de sorte que sur une ligne Lons-le-Saunier-Besançon, le Purbeckien fait défaut, et la série jurassique se termine par des niveaux bréchiques et des poudingues. Au-delà, le Purbeckien réapparaît : signalé depuis longtemps par Ch. Lory [2]

(*) Séance du 14 décembre 1955.

[1] *Mém. Soc. pal. suisse*, 11, 1884, pl. A.

[2] *Mém. Soc. émul. Doubs*, 1857, p. 235-290.

dans la région de Gray (Haute-Saône), il existe en Bresse, comme l'a montré le sondage effectué par la Régie Autonome des Pétroles (³) dans la région de Cormoz.

Le parallélisme entre les dépôts purbeckiens du Jura et ceux d'Angleterre et d'Allemagne du Nord-Ouest a été réalisé grâce aux Ostracodes. Les zones les plus proches des massifs subalpins contiennent « *Candona* » *bononiensis* J., *Cypris purbeckensis* F., *Scabriculocypris trapezoides* A., *Metacypris forbesii* J., *Cypridea inversa* M., formes caractéristiques, soit du Purbeckien inférieur anglais, soit, en partie, du « Münder Mergel » et du « Serpulit » d'Allemagne. Dans les zones suivantes, à ces espèces s'adjoint *Cypridea dunkeri* J., commune à la base du Purbeckien moyen d'Angleterre. Les bancs contenant cette espèce sont au contact même des premières assises marines valanginiennes, qui leur succèdent sans lacune stratigraphique apparente. Celles-ci seraient donc, au moins quant à leur base, contemporaines du Purbeckien moyen anglais (z. à *Cypridea granulosa*). Par contre, à l'Ouest de la zone des poudingues, en Bresse, les dépôts purbeckiens se complètent vers le haut. Des échantillons provenant du sondage de Cormoz m'ont livré *Cypridea brevirostrata* Martin et *C. pygmea* Anderson (⁴), espèces du Purbeckien supérieur d'Angleterre.

Ces faits traduisent évidemment le retrait, puis l'envahissement par la mer d'une bordure continentale. Ils montrent que la transgression crétacée s'est propagée vers le Nord-Ouest et en précisent les étapes.

GÉOLOGIE. — *Mouvements calédoniens dans l'Est du Sahara central.* Note de M. **Jean-Michel Freulon**, présentée par M. Pierre Pruvost.

L'existence de mouvements calédoniens dans les Tasilis du Nord de l'Ahaggar, principalement dans l'Immidir, avait été signalée par C. Kilian et précisée par J. Follot (¹).

Le domaine affecté par ces mouvements s'étend assez loin vers l'Est, au Tasili n'Ajjer et au Fezzan. Il est possible de mettre en évidence, dans ces régions, une phase orogénique localisée principalement entre le Gothlandien et le Dévonien; elle donna lieu, localement, à des plissements de faible importance. Mais, en général, on peut surtout observer des mouvements épirogéniques liés à la formation de bassins continentaux.

(³) Renseignements publiés avec l'autorisation de la Société.

(⁴) Détermination F. W. Anderson.

(¹) Ahnet et Mouydir, *Monographies régionales*, 1re série, n° 1, XIXe *Congrès géologique international*, Alger, 1952.

1. En deux points précis au moins, des plissements calédoniens indiscutables ont pu être observés :

a. Région d'I-n-Ezzan. — Les grès du Gothlandien supérieur (grès et argiles, avec un niveau gréseux à gros Lamellibranches, proches de *Grammysia*) sont légèrement plissés dans toute la région d'I-n-Ezzan. A I-n-Ezzan même, ces grès qui forment la gara sont redressés à la verticale et recouverts par d'autres grès à Harlania, horizontaux. Au contact des deux formations, le ravinement des premiers grès et des traces de rubéfaction témoignent d'émersions. Des plissements plus faibles se remarquent à l'Est du Kasar, vers l'Adrar Aman Semmerdnin, ainsi que d'autres, très atténués jusque vers I-n-G'erran.

b. Région de l'Eg'élé Ta-n-Elak. — De nombreux plissements d'âge calédonien avaient été signalés par J. Follot dans la région d'Amg'id. Un peu plus à l'Est, à l'Eg'élé Ta-n-Elak, les grès inférieurs ordoviciens formant le cœur de l'anticlinal sont affectés de plissements Est-Ouest, bien visibles sur photos aériennes (documents de la Compagnie de Recherches de Pétrole du Sahara). Ces grès sont recouverts en discordance par une série argilogréseuse d'âge Dévonien moyen-Dévonien supérieur.

D'autres traces de plissements attribuables très probablement à la même phase orogénique pourraient être décelées dans les grès inférieurs du Tasili n'Ajjer, mais seules les photos aériennes permettront de les mettre en évidence.

2. Plus à l'Est, pendant la même période se sont produits des mouvements épirogéniques ayant amené l'émersion de vastes zones, d'où lacunes stratigraphiques et disparition par érosion de plusieurs séries :

a. Vers le Tihemboka et le long de la frontière libyenne (de Takioumet au Nord d'I-n-Haberten et jusqu'au cœur de l'anticlinal de Ti-n-Hieddan, reconnu pour la première fois en décembre 1953, en compagnie de MM. Trümpy, Michel et Guillemot) transgression du Tournaisien directement sur le Gothlandien, quelquefois même légèrement plissé (pendages de 2 à 3° au Nord du Tihemboka).

b. A 200 km *plus à l'Est, à Bir el Gasr* (*Ouest du Chati*), transgression du Givétien marin sur le Gothlandien. Le Dévonien inférieur (Grès des Gargaf) se termine en biseau. A une dizaine de kilomètres à l'Est de Bir el Gasr, le Givétien débute par un conglomérat à très gros éléments de grès et ciment ferrugineux, et repose sur des grès du Dévonien inférieur très réduits.

Plus à l'Est, vers le Jebel Fezzan, les grès ordoviciens sont directement recouverts par des grès grossiers ayant fourni des *Harlania* : lacune du

(2) J. M. Freulon, *C. R. somm. Soc. Géol. Fr.*, 1951, p. 216-218.

Gothlandien ou tout au moins passage à des faciès très détritiques, subcontinentaux. De toute manière, c'est l'indice de mouvements importants, dès le Gothlandien.

3. Formation de bassins continentaux. — A l'Est du Tasili n'Ajjer, le massif du Tadrart est entièrement formé par une épaisse série gréseuse continentale, en partie homologue des « Grès supérieurs ».

J'ai déjà donné un aperçu très sommaire de cet ensemble ([3]) :

— grès grossiers à stratification entrecroisée, avec quelques niveaux d'argiles blanches et de psammites ferrugineuses à Gigantostracés;

— puis nombreux niveaux de psammites ferrugineuses passant, vers Ikniouen, à des grès fins à gros nodules de grès minacés ferrugineux. Par endroits, ces horizons évoquent d'anciens « sols »;

— enfin une série de grès rouges, grossiers, à stratification entrecroisée et nombreux niveaux rubéfiés.

On peut dater approximativement ces séries : certainement post-ludlow, elles sont recouvertes en quelques points par un Dévonien moyen (grès à *Tentaculites* et à *Tropidoleptus* d'Ohebran) ou par un Dévonien moyen ou supérieur (grès à *Spirophyton* de l'Emi Bouli). Il est donc logique de leur attribuer un âge Dévonien inférieur *sensu lato*. L'existence de *Harlania* n'apporte qu'une faible précision stratigraphique, ces formes semblant toujours se localiser au sommet du Gothlandien ou à la base du Dévonien

Tous ces faits traduisent l'existence de mouvements assez généralisés à la fin du Gothlandien, les plus marqués étant contemporains de la « *phase ardennaise* », mais qu'il vaudrait mieux nommer, au Sahara central, « *phase tassilienne* ». Tous les mouvements connus ne se localisent cependant pas à cette période; ainsi, dès l'Ordovicien, la présence de conglomérats à galets de granite, microgranite, etc. (conglomérat d'Ireladen, au Nord de Rhat) laisse soupçonner l'existence de mouvements dès cette époque.

Si les plissements hercyniens résultent probablement du rejeu d'accidents du socle précambrien, par contre les plissements calédoniens semblent se présenter plutôt comme le contre-coup d'une orogénèse assez éloignée dans l'espace, ou peut-être comme la dernière manifestation d'une tectonique infracambrienne ? On peut noter aussi que la direction Est-Ouest, direction privilégiée des plissements calédoniens, est celle de certaines vieilles orogénèses moghrabines et de plusieurs ensembles de plissements propres aux séries infracambriennes. Les ondulations de la couverture sédimentaire résultant de cette phase tectonique ont joué un grand rôle dans la paléogéographie du Dévonien supérieur et du Carbonifère.

([3]) *C. R. somm. Soc. Géol. Fr.*, 1953, p. 200-201.

GÉOLOGIE. — *Sur la présence de Flysch à Helminthoïdes à l'intérieur de la zone briançonnaise.* Note (*) de M. **Maurice Gidon**, transmise par M. Léon Moret.

J'ai signalé, dans une Note récente ([1]), l'existence à l'intérieur même de la zone briançonnaise en Haute-Ubaye de témoins d'un Flysch de type embrunais : Il s'agit d'une série de bancs de grès micacés, à la base desquels des calcschistes en petits bancs m'ont fourni, dans le Vallon Grand de Mirandol des traces indubitables d'*Helminthoïdes*.

Le contact de ces couches avec les terrains sous-jacents indique, comme je l'ai montré, qu'elles ont une origine exotique : ces lambeaux isolés constituent donc de véritables klippes d'une nappe du Flysch à Helminthoïdes. J'ai décrit deux de ces klippes : elles reposent sur la partie externe de l'unité briançonnaise supérieure de cette région, l'une sur l'anticlinal mésozoïque des Rochers de Saint-Ours, l'autre sur le Flysch noir du synclinal de Fouillouze.

Des témoins d'une nappe analogue ont été décrits depuis par J. Debelmas et M. Lemoine ([2]), en rive droite du Guil, sous le nom de « nappe du Flysch de Furfande ». J'ai d'autre part pu faire des observations complémentaires dans le massif du Brec de Chambeyron.

Ce chaînon se termine vers le Sud par le col de Stroppia, au-delà duquel se trouve le Sommet de la Roche Blanche (3193 m). Tandis que la base de ce dernier appartient à la nappe du Chatelet proprement dite ([3]) le chaînon du Brec est à rapporter à un repli supérieur de cette unité. Quant au sommet de la Roche Blanche, il est formé, ainsi que l'arête qui en descend vers le col de Stroppia de grès analogues à ceux décrits précédemment. Ici encore ils recoupent en biseau les assises du Jurassique et du Trias terminal, et en détachent même, localement sur le versant italien, une lame de calcaires du Dogger; ce qui, comme dans le versant oriental des Rochers de Saint-Ours, détermine un redoublement de la « barre jurassique ». Ceci me semble confirmer l'hypothèse de l'origine — tectonique — orientale de ce Flysch.

De plus, ces grès dessinent, sous le col de Stroppia une charnière syn-

---

(*) Séance du 14 décembre 1955.

([1]) M. Gidon, *Comptes rendus som. des séances de la Soc. Géol. de France*, n° 3-4, 1955, p. 35.

([2]) *Comptes rendus som. des séances de la Soc. Géol. de France*, n° 5-6, 1955, p. 86.

([3]) M. Gidon, *Comptes rendus som. des séances de la Soc. Géol. de France*, n° 1-2, 1955, p. 21.

clinale, d'axe Nord-Ouest-Sud-Est; en même temps ils s'enfoncent, par l'intermédiaire du niveau habituel de schistes versicolores et de Flysch noir sous les dolomies triasiques du Massour (3006) qui appartiennent au repli du Brec. Ceci indique que ce Flysch a été, postérieurement à son charriage sur la nappe du Chatelet, intéressé par les déformations de cette dernière qui ont abouti notamment à l'individualisation d'un « repli du Brec ».

On peut, dès lors, penser par analogie que l'importante différence de niveau existant entre le plan de charriage de la klippe des Adrechouns [1] et celui de la klippe de Plate Lombarde [1] peut s'expliquer dans une hypothèse différente de celle que j'avais précédemment envisagé. Au lieu de considérer donc que le Flysch s'est « écoulé » dans le synclinal de Fouillouze pour déborder, ensuite, par dessus l'anticlinal de Saint-Ours (ces accidents étant entièrement préexistants) il faut plutôt admettre que c'est la formation même de ces accidents qui a causé, postérieurement à l'arrivée du Flysch, les déformations de son plan de charriage.

Néanmoins, lors de son arrivée ces anticlinaux devaient être, au moins, ébauchés, comme l'indique l'existence assez générale, et seulement sur leurs flancs orientaux, de lames de terrains arrachées par ce Flysch.

Il faut enfin remarquer que, tant dans le massif de Chambeyron que dans celui de Peyre-Haute les seuls témoins d'un Flysch de type embrunais que l'on connaisse ne recouvrent jamais que la plus interne des unités briançonnaises représentées; il y a peut-être là une indication que ces témoins dont l'origine est manifestement assez orientale doivent être séparés tectoniquement du Flysch d'origine plus externe qui a dû recouvrir primitivement les unités inférieures : ils sont restés uniformément en arrière, tandis que ce dernier, décollé totalement et « éjecté » vers l'avant allait former la nappe de l'Embrunais.

En résumé, pour la courte période correspondant à ces phénomènes, et dans cette portion du Briançonnais on peut donc établir la chronologie suivante :

1° Décollement, jusque dans les régions briançonnaise les plus orientales du Flysch à Helminthoïdes, alors que sont déjà apparues des ondulations dans les terrains mésozoïques sous-jacents;

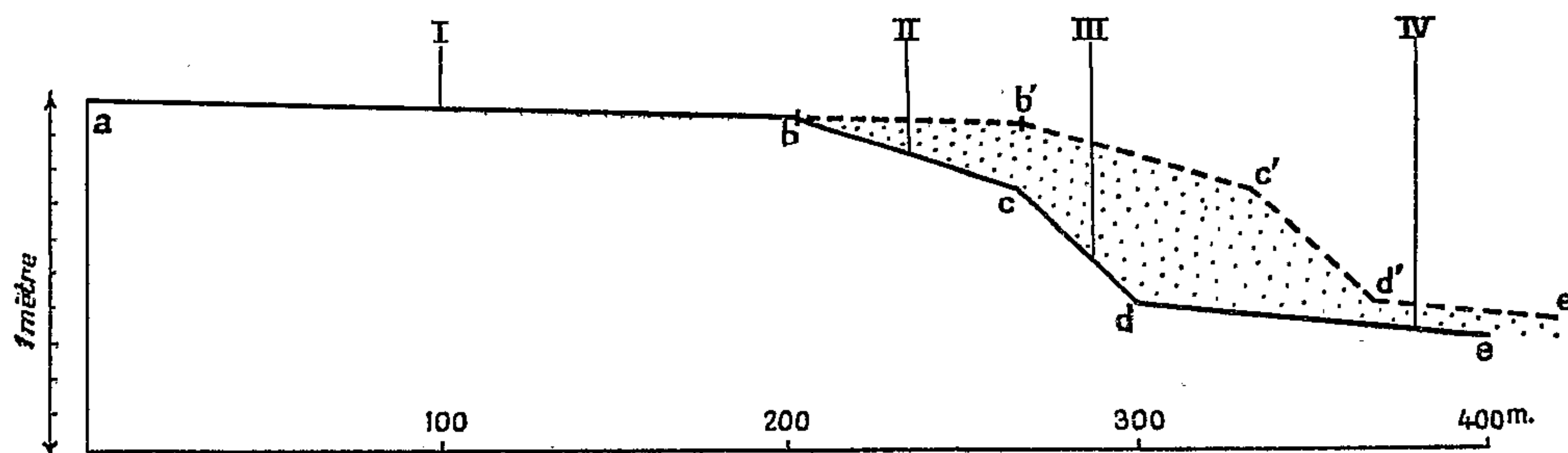
2° Tandis que la partie externe de ce Flysch continue à s'écouler vers le Gapençais des témoins de sa partie interne sont retenus et repris dans les dernières déformations des unités mésozoïques briançonnaises.

Je pense enfin qu'il n'est pas exclu que la découverte de nouveaux témoins des nappes du Flysch à Helminthoïdes ne permettent d'obtenir d'intéressants renseignements sur leurs relations chronologiques avec d'autres unités briançonnaises.

GÉOGRAPHIE. — *Sur le processus de colmatage des rivages de l'Anse de l'Aiguillon (Vendée).* Note (*) de M. **Fernand Verger**, présentée par M. Charles Jacob.

La sédimentation est extrêmement faible sur le *schorre* proprement dit, très importante dans une zone intermédiaire entre le schorre et les hautes *slikkes*, et moyenne sur les hautes slikkes ([1]).

Nous avions déja noté la rapidité de l'évolution morphologique du littoral de l'Anse de l'Aiguillon ([2]). Des mesures de sédimentation, selon la méthode de Niels Nielsen ([3]), associées à un nivellement local très précis ([4]), nous permettent aujourd'hui d'indiquer le mécanisme et la vitesse du colmatage dans la partie vendéenne de l'Anse.



abcde, profil initial; *ab' c' d' e'*, profil ultérieur; *a — b*, *schorre* typique; *b — c*, marge maritime du *schorre*; *c — d*, zone intermédiaire; *d — e*, hautes *slikkes*; I, II, III, IV, localisations schématiques des semis de sable (Mesures de la sédimentation).

Nous distinguons, à partir de la digue ou de la dune, en allant vers le centre de l'Anse : le *schorre* le plus caractéristique, c'est-à-dire de la partie supérieure des atterrissements littoraux, au sol ferme et couvert d'une végétation halophile, aux hautes slikkes, c'est-à-dire aux vasières toujours submergées lors des hautes mers de vive eau, mais non lors des hautes mers de morte eau :

1° un schorre typique (*a-b*), large parfois de plus de 500 m, présentant une pente extêmement faible vers le centre de l'Anse de 0,2 à 0,7 ‰;

(*) Séance du 14 décembre 1955.

([1]) Ces termes sont employés dans le sens que leur donne E. de Martonne, *Géogr. physique*, 3, p. 1362.

([2]) *Bull. d'Information du Comité d'Océanographie et d'Étude des côtes*, 7e année, 3, mars 1955.

([3]) Niels Nielsen, *Eine Methode zur exacten Sedimentationsmessung. Medd. Skalling Laboratoriet* 1, Copenhague, 1935.

([4]) Grâce à l'aide de l'administration des Ponts et Chaussées de la Vendée (arrondissement maritime).

2° une marge maritime du schorre (*b-c*) présentant une pente de 3 à 10 $^0/_{00}$;

3° une zone intermédiaire entre la marge maritime du schorre et les hautes slikkes. Cette zone (*c-d*) couverte par des Spartines et accessoirement par des *Aster*, présente, dans tous les profils que nous avons faits, une pente relativement forte de 10 à 20 $^0/_{00}$;

4° les hautes slikkes (*d-e*) possèdent une pente régulière de l'ordre de 1 à 2 $^0/_{00}$. La pente de la surface des hautes slikkes est toujours plus forte que celle du schorre typique et plus faible que celle de la zone précédente.

Les mesures que nous avons effectuées pendant une courte période encore (18 mois) permettent néanmoins d'indiquer le mécanisme élémentaire de l'extension, rapide ici, du schorre :

1° sur le schorre typique, le dépôt est nul ou presque (2);

2° sur la marge maritime du schorre, la sédimentation annuelle est sensible bien qu'assez irrégulière de 0,5 à 3 cm de vase molle (5) par an (II);

3° sur les vases de la zone intermédiaire, le dépôt annuel peut atteindre une épaisseur de 8 à 12 cm de vase molle (III);

4° sur les hautes slikkes, le dépôt est de l'ordre de 2 à 4,5 cm de vase molle par an (IV).

Ainsi, dans l'Anse de l'Aiguillon, la zone intermédiaire entre le schorre et les hautes slikkes est occupée par un talus très doux. La sédimentation est plus importante dans cette zone qu'ailleurs; le talus se déplace vers le centre de l'Anse et le schorre, de cette manière, s'accroît latétalement.

MÉTÉOROLOGIE. — *Radioactivité de l'atmosphère.*

Note (*) de M. **Hubert Garrigue**, présentée par M. Jean Cabannes.

Pluie, givre et neige radioactifs. Maximum observé le 25 novembre 1955, équivalant à 10 atomes émetteurs de rayons β de moyenne énergie par centimètre cube d'atmosphère, période 35 jours.

On opère, soit au sol (sommet du Puy de Dôme, altitude 1 450 m, ou à plus basse altitude), soit en vol (altitudes d'opération jusqu'à 5 000 m), par les méthodes habituelles précédemment décrites (1).

Les résultats récents montrent une recrudescence de radioactivité du type β des précipitations atmosphériques et du brouillard (givre).

(5) La vase est plus ou moins gorgée d'eau, ce qui rend les mesures, moins précises.

(*) Séance du 14 décembre 1955.

(1) *Comptes rendus*, 240, 1955, p. 1453.

Prélèvements.	Date.	Période apparente de début.	Valeur n_{A_β} (*).
Vol (3 500 m en partie en P. S. V.)	12 nov. 1955	environ 40 jours	traces
Pluie (800 m)	13 » »	environ 40 jours	traces
Givre sur récepteur (1 450 m) (**)	22 » »	supérieure à 60 jours	0,3 (pour la période de 60 jours)
Id. (**)	25 » »	35 jours	10
Pluie et neige (1 450 m)	29 » »	35 jours	2

(*) La valeur n_{A_β} représente l'équivalent calculé, exprimé en atomes par centimètre cube d'atmosphère, d'un corps radioactif unique de même période que la période apparente mesurée, émetteur de rayons β de moyenne énergie, donnant la même intensité d'ionisation dans l'appareil au début de la mesure.

(**) Givre très chargé en poussières et suies goudronneuses.

Du 14 au 26 novembre 1955 la France était sous l'influence d'un vaste anticyclone, donnant au sommet du Puy de Dôme des vents violents de secteur Nord-Est, des mers de nuages descendant quelque-fois au-dessous du sommet et un abaissement général de la température. Mais cet anticyclone semblait originaire des régions groenlandaises, tandis qu'un anticyclone aussi vaste occupait la Russie proche, séparé du précédent par une zone de pressions moyennes.

Il faut remarquer que le maximum précédent de la valeur n_{A_β} a été décelé sur du givre recueilli dans des conditions analogues, le 2 mars 1955 (situation anticyclonique, vents de Nord-Est, mers de nuages affleurant le sommet du Puy de Dôme); mais il n'était que de 1 atome/cm^3, pour une une période de 50 h. Le maximum précédent décelé sur la neige tombée au sommet du Puy de Dôme (6 décembre 1954) était également évalué à 1 atome/cm^3, mais pour une période de 60 jours (1).

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur la mise en réserve temporaire du phosphore dans la zone génératrice de fragments de racines de Carotte cultivés* in vitro. Note de M. **René Heller**, présentée par M. Raoul Combe.

La zone génératrice d'un fragment de racine de Carotte cultivé *in vitro* constitue un pôle d'attraction à l'égard du phosphore, qui s'y accumule en une réserve temporaire. Ce phosphore peut être soit utilisé sur place si la prolifération s'installe au niveau considéré, soit remobilisé et dirigé vers les régions de prolifération plus active.

Si la culture des tissus fut utilisée avec profit par de nombreux expérimentateurs (1) qui tentaient de préciser les besoins nutritifs des cellules végétales, tant qualitatifs que quantitatifs, par contre, l'étude, par cette technique,

(1) R. Heller, *Thèse*, Paris, 1953 et *Ann. Sc. Nat. Bot.*, 11e série, 14, p. 1-223.

de l'absorption des éléments minéraux n'a fait l'objet que de rares recherches ([1]), ([2]).

Les plus précises restent celles de E. Ball ([2]), qui concernent la pénétration du phosphore (phosphate marqué au ^{32}P), du soufre (sulfate au ^{35}S) et du carbone (glucose au ^{14}C) dans les cals de *Sequoia sempervirens*. L'auteur a constaté une absorption élevée, surtout du phosphore et à un moindre degré du soufre, principalement dans les tissus méristématiques. Toutefois, les détections étaient opérées sur des coupes fixées et lavées, et ne portaient que sur les formes insolubles.

Les présentes recherches, limitées au phosphore, furent effectuées sur des fragments de racines de Carotte ensemencés sur un milieu nutritif convenable, où le phosphore était présent sous forme de phosphate monosodique à la concentration de 1 mM par litre (soit 28 mμg de P par centimètre cube), et contenant du ^{32}P comme traceur, sous une activité non toxique de 0,1 à 0,3 mC/l. De l'auxine avait été ajoutée au milieu, et l'ensemencement pratiqué de telle sorte qu'elle pouvait circuler normalement dans le sens « feuilles-racines », ce qui favorisait le développement du cal. Tout au cours de la culture, des prélèvements étaient opérés, et l'on mesurait au compteur de Geiger-Müller les activités des différents tissus (xylème, zone génératrice, phloème) aux divers niveaux des fragments : la comparaison de ces activités avec celle d'un milieu de référence fournissait immédiatement la masse totale de phosphore absorbée par ces tissus.

Le détail des résultats expérimentaux, ainsi que l'analyse des précautions prises pour éviter les erreurs d'interprétation, feront l'objet d'une autre publication ([3]). Je me contenterai d'indiquer ici les principales conclusions dégagées.

1° L'absorption fut considérable, puisque dès le 4e jour, 9 % du phosphore initialement mis dans le milieu (560 mμg par tube) était absorbé ; au 6e jour, 18 % ; au 13e, 48 % ; au 34e, 70 % ; au 66e, pratiquement 100 %. L'épuisement du milieu n'est donc pas négligeable, d'autant plus que l'absorption est suffisamment rapide pour déterminer un gradient de concentration dans le milieu (exemple : phosphore résiduel au 13e jour : au contact de la colonie, 5 % ; au milieu du tube, 44 % ; au fond du tube, 77 %).

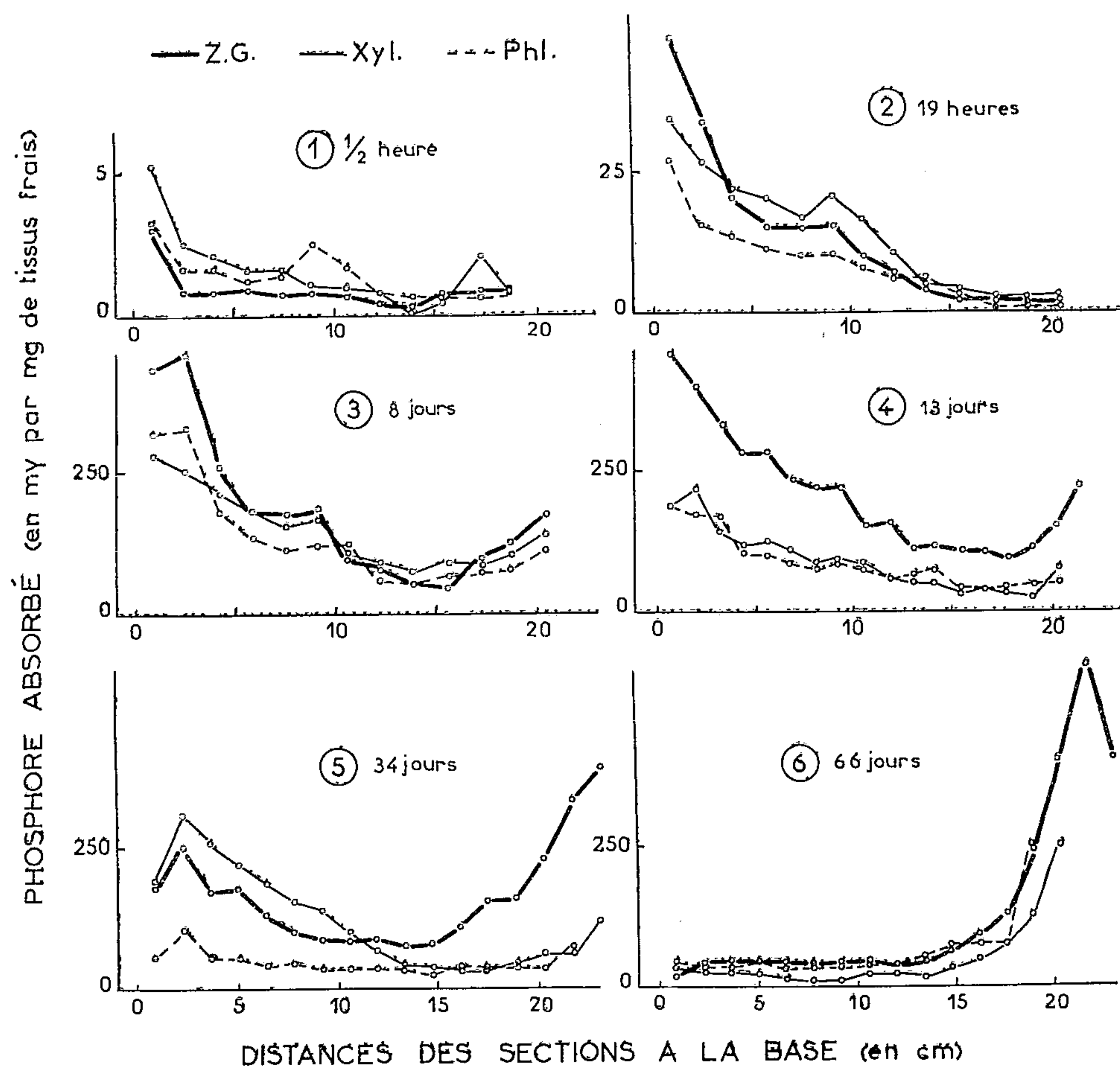
2° Une analyse plus précise de la pénétration du phosphore permet d'y distinguer plusieurs phases :

a. Au début de l'expérience (*fig.* 1), alors que l'absorption ne fait que commencer, celle-ci est surtout accusée dans les régions inférieures, mais déjà visible aux niveaux les plus élevés. Elle est un peu plus faible pour la zone génératrice que pour les autres tissus.

([2]) E. Ball, *Amer. J. Bot.*, 40, 1953, p. 306-316.

([3]) *Rev. Gén. Bot.*, 63, 1956 (en préparation).

b. Par la suite (*fig*. 2 et 3), on constate une accumulation nettement plus marquée pour la zone génératrice, cette prédominance débutant dans les niveaux inférieurs, mais gagnant de proche en proche tout le fragment de racine (*fig*. 4). A ce stade, la prolifération de la zone génératrice n'est pourtant pas apparente, si ce n'est à l'extrémité supérieure où le cal conmence à se développer.



c. Tandis que les tissus du cal prolifèrent activement, on observe à leur niveau une accumulation de phosphore absorbé encore plus importante, cependant qu'aux niveaux inférieurs sa concentration commence, au contraire, à diminuer, en particulier dans la zone génératrice (*fig*. 5),

d. La migration s'accentue, et finalement (*fig*. 6), tout le phosphore absorbé est pratiquement localisé dans le cal.

Ainsi se trouve mise en évidence l'attraction particulière des zones génératrices pour le phosphore, qui s'y accumule alors même qu'elles ne sont pas en prolifération. De plus, une nouvelle preuve est apportée des liens existant

entre la prolifération et l'absorption, puisqu'une migration du phosphore peut intervenir, de ces zones génératrices non fonctionnelles aux régions en prolifération active.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Influence de différentes radiations lumineuses sur l'intégration de l'ion phosphorique dans les molécules organiques.* Note de Mlle **Edwige Tyszkiewicz**, présentée par M. Maurice Lemoigne.

Les travaux de Benson et Calvin (1) et aussi ceux d'Arnon (2) ont déjà montré le rôle essentiel de la lumière dans les réactions de phosphorylation chez des plantes chlorophylliennes, en particulier dans les premières étapes de l'assimilation du gaz carbonique.

A l'aide de ^{32}P, nous avons poursuivi un travail analogue à celui que E. Roux, J. Duranton, J. Galmiche et P. Robin (3) ont effectué avec $^{14}CO_2$, afin de rechercher dans quelle mesure des modifications de composition spectrale de la lumière ont une répercussion sur le taux d'incorporation de ^{32}P dans différents constituants de la cellule et particulièrement dans les molécules d'esters phosphoriques d'oses.

Pour cela des plants de physallis ont été placés trois jours sous divers filtres :

1° Filtre équivalant à un écran constitué des chlorophylles *a* et *b*;

2° Filtres ne laissant passer que des bandes d'absorption du carotène;

3° Filtre ne laissant passer que les bandes d'absorption des chlorophylles *a* et *b*;

4° Sans filtre (lumière blanche).

L'intensité énergétique de la lumière était la même dans tous les cas.

La tige de chacune des quatre plantes a été coupée transversalement et plongée dans une solution contenant des ions $^{32}PO_4$, l'opération étant effectuée sous la lumière étudiée. Après 3 mn d'absorption, les plantes sont mises dans l'azote liquide, puis broyées à froid en présence d'ions inhibiteurs F^-, CN^-, SO^3H^-. Les éléments figurés sont séparés par centrifugation, à température dépassant peu 0°. Le surnageant a été déprotéinisé par addition d'une résine cationique sous forme H^+ et les protéines séparées par centrifugation, toujours à froid.

Tout le ^{32}P absorbé au cours de ces 3 mn se trouvait dans le liquide ainsi déprotéinisé et c'est ce liquide que nous avons soumis à une chromatographie bidimensionnelle et ascendante. Pour la première dimension, nous avons utilisé le solvant : oxyde d'isopropyle : 90; acide formique à 90 % : 60 (4); et

(1) *J. Am. Chem. Soc.*, 72, 1950, p. 1710.

(2) *Nature*, 174, 1954, p. 394.

(3) *Comptes rendus*, 241, 1955, p. 1618.

(4) C. S. Hanes et F. A. Ischerwood, *Nature*, 164, 1949, p. 1107.

pour la seconde : *n* propanol : 60; ammoniaque concentrée : 30; eau 10 ([4]).

Aux liquides déposés, nous avons ajouté une solution contenant l'acide 3 phosphoglycérique, le glucose 1 phosphate, et l'adénosine triphosphate (A. T. P.); le Rf correspondant à ces substances a été déterminé par révélation chimique. L'emplacement des taches qui contenaient le ^{32}P a été déterminé par autoradiographie. Le tableau ci-dessous donne, en pour-cent de l'activité totale absorbée, les activités des différents composés, ou groupes de composés phosphorés, formés pendant ces 3 mn.

Lumières reçues.	PO_4''' libres.	Acide-3 phospho-glycérique.	Groupe contenant les hexoses phosphates.	Groupe contenant A. T. P.
1. Complément des chlorophylles.......	97,7	0	0,22	2,0
2. Bandes d'absorption du carotène.....	94,1	0,96	0,93	3,16
3. Bandes d'absorption des chlorophylles.	85,7	4,6	5,0	4,6
4. Lumière blanche....................	68,4	14	10,6	6,8

Nous constatons que l'absence des longueurs d'onde absorbées par les chlorophylles ralentit fortement l'intégration des ions PO_4''' dans les molécules d'esters phosphoriques d'oses, en particulier dans l'acide-3 phosphoglycérique. La présence des longueurs d'onde absorbées par le carotène n'a pas provoqué de modification notable à cet égard : les radiochromatogrammes correspondant aux lumières 1 et 2, qui ne contiennent ni l'une ni l'autre les longueurs d'onde absorbées par la chlorophylle, présentent entre eux une grande analogie. Les radiochromatogrammes correspondant à la lumière absorbée par la chlorophylle et à la lumière blanche, diffèrent fortement des précédents. La chlorophylle peut donc intervenir dans cette intégration d'ions phosphoriques.

CYTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Évolution cytologique des plantules d'*Allium cepa *L. variété au début de la germination.* Note de M. **Louis Geneves**, présentée par M. Raoul Combes.

Le réseau chromatique des cellules de l'embryon d'*Allium cepa* présente d'épaisses travées; les nucléoles sont petits. Quand la plantule s'hydrate, le réseau devient plus fin, le cytoplasme plus homogène; le chondriome se différencie. Ces longs remaniements précèdent l'apparition des mitoses.

Les caractères cytologiques des embryons sont incomplètement connus, de même que leurs transformations au début de la germination. Nous les avons étudiés dans la graine d'*Allium cepa*.

Dans l'embryon, friable, les noyaux irréguliers sont anguleux, souvent lobés, déformés par les grains d'aleurone voisins (*fig.* 4). Ceci s'est produit lors de la déshydratation qui a précédé l'entrée de la graine en vie ralentie. La chromatine abondante est répartie en un réseau à travées épaisses avec de gros

amas chromocentriques (*fig* 1). Une autre partie doit être diffuse dans la caryolymphe, car cette dernière se colore en rose avec le réactif de Schiff et donne un aspect sombre et confus à l'ensemble du noyau. Le ou les nucléoles sont petits et peu visibles. En général, les noyaux ont l'aspect quiescent. Toutefois quelques-uns, qui présentent des chromosomes partiellement individualisés, paraissent s'être fixés dans un début de prophase (*fig* 2). D'autres, témoignant à l'évidence d'une mitose récente restent à peine interphasiques (*fig*. 3) et montrent des chromosomes alvéolisés bien qu'ils se soient trouvés déformés également par les grains d'aleurone. Par contre, nous n'avons pas trouvé de cellules à chromosomes bien individualisés. Quand la graine entre en vie ralentie, les mitoses en cours semblent donc s'achever, et seules quelques prophases commençantes se trouvent arrêtées et fixées.

Toutes les cellules de l'embryon contiennent des globules huileux et de nombreux grains d'aleurone (*fig*. 7). Toutefois ces derniers sont plus petits dans le méristème de la première feuille. Le cytoplasme homogène, ou parfois finement alvéolisé, est réparti en travées souvent épaisses, pincées entre les abondantes structures inertes. Le chondriome ne peut être distingué du paraplasme et du cytoplasme par les méthodes mitochondriales classiques (hématoxyline, fuchsine).

Après quelques heures d'hydratation, l'embryon devient élastique et souple. Les noyaux s'arrondissent. Les cellules n'ont pas grandi sensiblement et dans certaines, très étroites (écorce, *fig*. 8) le noyau est comprimé par le cytoplasme épais appliqué contre la fine membrane cellulaire. Les tractus chromatiques s'amincissent. Les traces de mitoses récentes s'effacent; les noyaux en prophase reviennent à l'état de repos. *Tous les noyaux sont alors quiescents* (*fig*. 5). Ces phénomènes durent normalement plusieurs jours tant que la pointe de la racine ne sort pas de la graine; ils cessent plus tôt si les graines sont plongées dans l'eau un certain temps ou si la température est plus élevée.

Pendant l'hydratation germinative, les grains d'aleurone arrondis et très colorables se creusent des cavités claires, puis s'hypertrophient, perdent leur chromophilie; leur limite devient indistincte. A leur intérieur, un ou plusieurs disques apparaissent qui constituent ensuite des inclusions intravacuolaires (*fig*. 8 à 10).

Par suite de l'hydratation progressive, les techniques habituelles permettent de déceler les chondriosomes, d'abord très courts, mais qui se diversifient progressivement suivant les régions de l'embryon; leur nombre paraît augmenter, indépendamment de la facilité croissante de leur détection, en même temps que les grains d'aleurone se transforment en vacuoles, et que le cytoplasme devient moins colorable.

Lorsque les premières mitoses apparaissent dans la plantule, le volume des nucléoles augmente surtout dans les régions qui se divisent activement (*fig*. 6). Le cotylédon s'allonge rapidement ainsi que la zone intermédiaire entre le

méristème de la racine et celui de la première feuille. L'aspect cytologique de la plantule change profondément à ce moment.

Dans les deux méristèmes, [différenciés dans l'embryon ([1])] les grains d'aleurone sont remplacés par des vacuoles relativement volumineuses; le

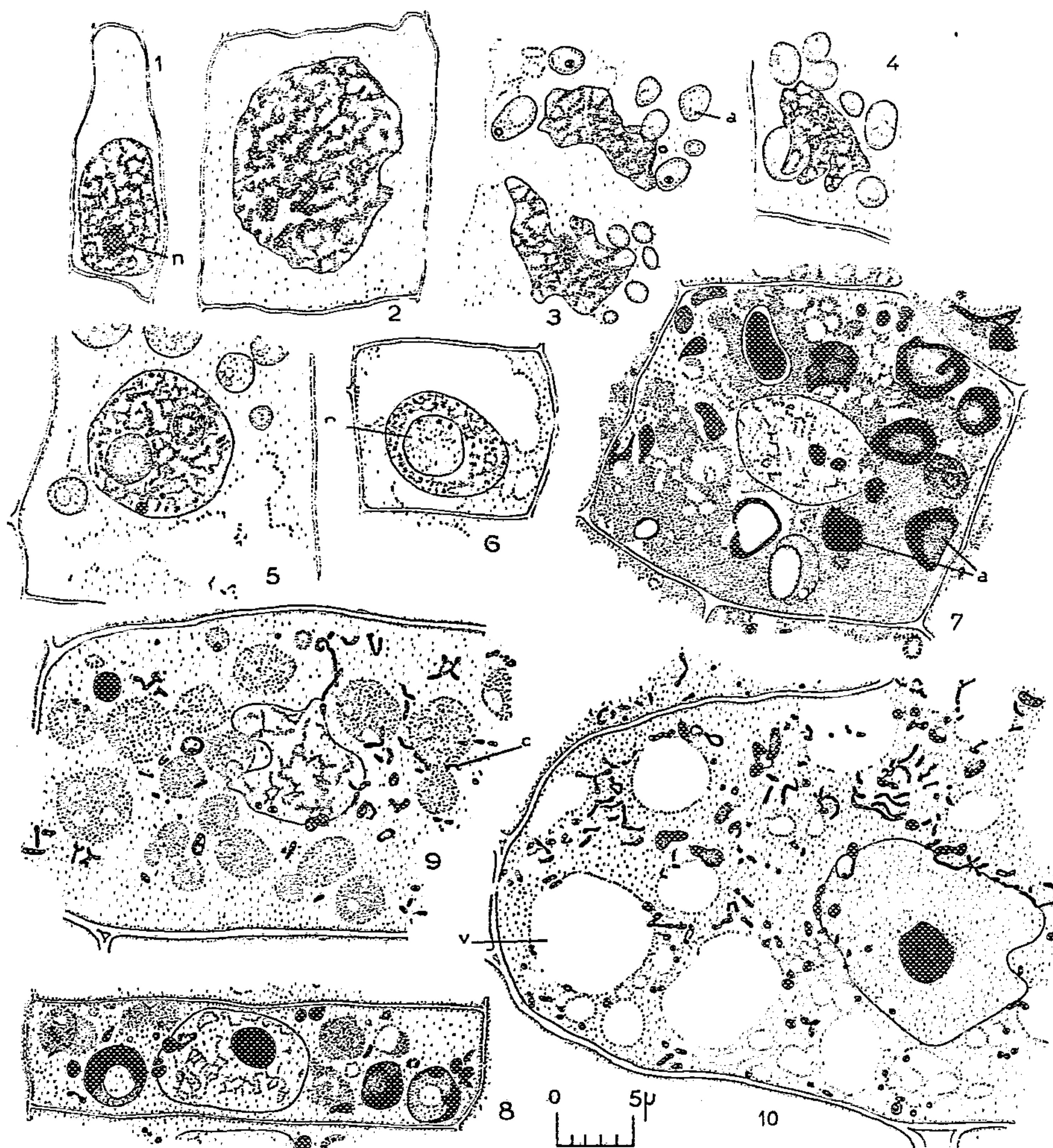


Fig. 1 à 4. — Noyaux interphasiques de la radicule (embryon). *Fig.* 1, noyau arrondi; *fig.* 2, noyau stabilisé au début de la prophase; *fig.* 3, noyaux de cellules sœurs; *fig.* 4, noyau lobé; *fig.* 5, 6, noyaux au début de la germination (Helly-Feulgen). *n*, nucléole; *a*, grain d'aleurone.

Fig. 7 à 10. — Cellules du cotylédon. *Fig.* 7, dans l'embryon; *fig.* 8 à 10, au début de la germination (Regaud-hématoxyline). *c*, chondriosome; *v*, vacuole.

noyau occupe une grande partie de la cellule; les chondriosomes deviennent nombreux. Plus tard dans un groupe de cellules placées à la base du méristème de la feuille les vacuoles se réduisent, et le cytoplasme paraît plus abondant.

([1]) SACHS, *Bot. Z.*, 21, 1863, p. 57-65.

De telles cellules se différencient donc plus complètement que les autres et acquièrent l'aspect méristématique primaire typique.

Des inclusions intravacuolaires nombreuses persistent un certain temps dans l'écorce. Puis les cellules grandissent et ne présentent plus qu'une ou deux vacuoles et des plages cytoplasmiques minces. Le procambium de l'embryon ainsi que l'assise superficielle s'hydratent et reviennent à la structure banale de l'état de vie active, plus vite que les assises profondes de l'écorce. La transformation rapide de leurs grains d'aleurone doit être en rapport avec le pôle conducteur précoce des longues cellules procambiales.

L'hydratation germinative ne se limite donc pas à une simple solubilisation des enclaves de réserves de l'embryon. En même temps que les grains d'aleurone se modifient ([2]), les autres parties de la cellule sont remaniées profondément.

En effet, les cellules qui constituaient l'embryon s'étaient différenciées fortement quand elles sont entrées en vie ralentie. Elles ont alors cessé d'être des cellules embryonnaires, et bien plus encore des cellules méristématiques. Au moment de la réhydratation, lorqu'elles retrouvent la vie active, elles ne sont pas encore aptes à proliférer ([3]). Certaines seulement retrouvent ce pouvoir, mais c'est après avoir hydrolysé plus ou moins complètement leurs réserves; elles sont alors revenues à l'état de cellules pauvres en paraplasme, elles ont accru leurs caractères méristématiques. Un processus général de dédifférenciation précède par conséquent la reprise d'activité prolifératrice. Toutefois, il n'y a pas de parallèle rigoureux entre cette reprise et l'avancement des processus de dédifférenciation, qui varient suivant les tissus de la plantule.

HISTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Fonctionnement de l'apex des tiges dichotomes et bistéliques de* Selaginella Kraussiana *Brown*. Note de M. ROGER BUVAT, présentée par M. Raoul Combes.

La structure de l'apex de *S. Kraussiana* varie périodiquement au rythme des dichotomies. Après chaque dédoublement, les nouveaux apex ont des apicales inactives et une zone d'initiation subapicale. L'activation des apicales précède de peu la dichotomie et provoque leur dédifférenciation. Ce sont des cellules latérales qui se différencient en apicales nouvelles.

Dans une précédente Note ([1]) nous avons décrit le fonctionnement du méristème apical de *Selaginella caulescens*, espèce faussement dichotome, et monostélique. Nous avons montré la passivité, sinon l'inertie, des

([2]) GUILLIERMOND, *Archives d'Anatomie microsc.*, 10, 1908-1909, p. 141-226.
([3]) BUVAT, *Ann. Sc. Nat. Bot.*, 11e série, 13, 1952, p. 272.

([1]) *Comptes rendus*, 241, 1955, p. 1833.

cellules extrêmes de l'apex. Le comportement du point végétatif de *S. Kraussiana*, espèce à tiges plagiotropes et dorsiventrales, typiquement à deux stèles parallèles, est beaucoup plus subtil, et il est nécessaire de considérer diverses périodes dans son activité. Normalement, l'apex a la forme d'un dôme à section elliptique très aplatie (*fig.* 1, 4, 5), terminé de manière inconstante par trois à six cellules apicales plus grandes que leurs voisines, la médiane étant souvent triangulaire en section longitudinale. Au-dessous des apicales se trouve une zone plus fortement méristématique (*fig.* 3, *zsa*), qui se résout en deux masses latérales au niveau où un

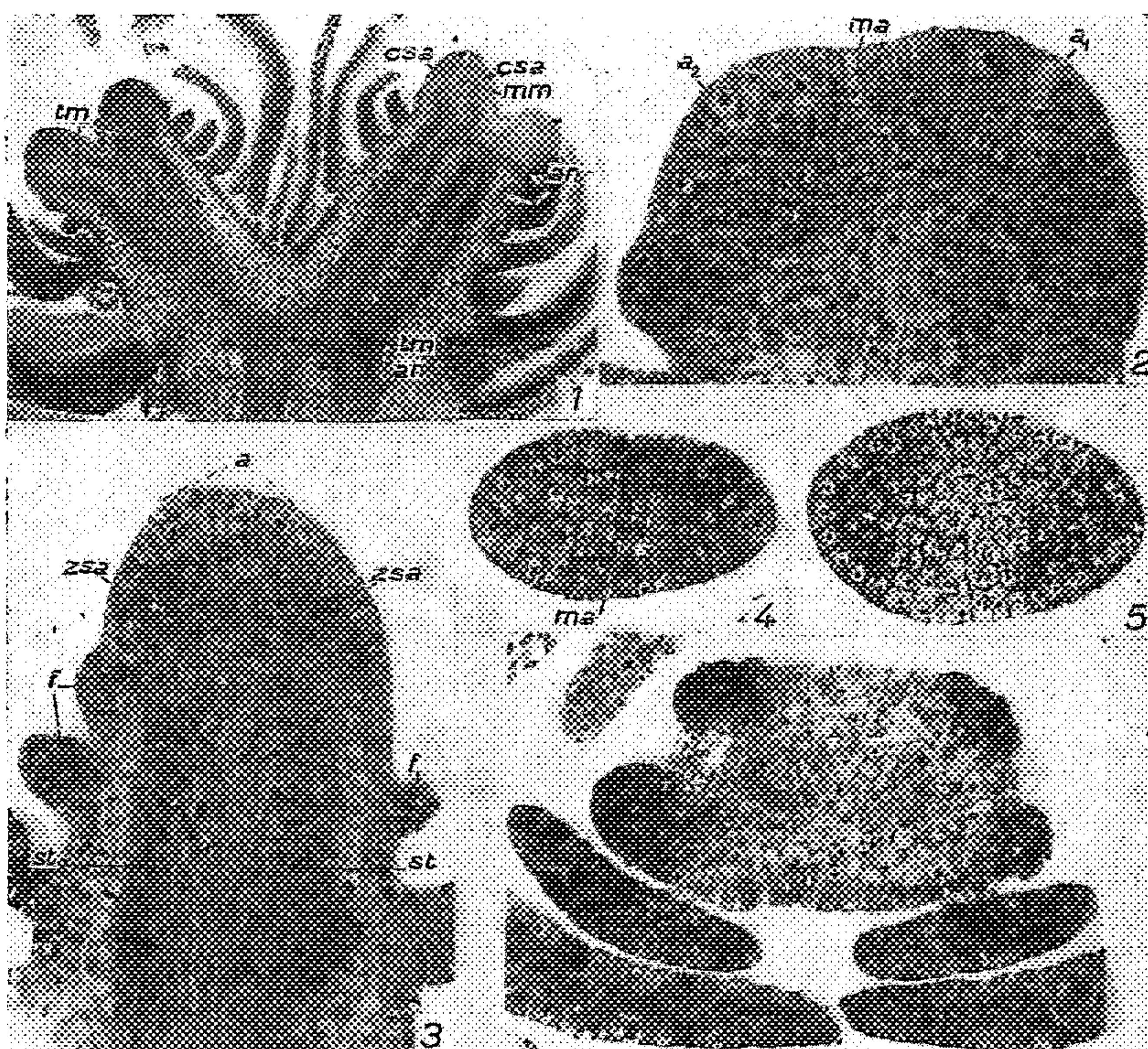


Fig. 1. — Extrémité d'un rameau montrant quatre apex jeunes en période de fonctionnement monostélique. *csa*, couronne subapicale; *mm*, méristème médullaire; *an*, anastomoses entre les deux stèles; *tm*, tronçons monostéliques.

Fig. 2. — Apex en voie de dédoublement : activité apicale produisant un massif méristématique apical (*ma*), à droite et à gauche duquel naissent par différenciation de nouvelles apicales a_1 et a_2.

Fig. 3. — Apex à la fin du fonctionnement bistélique; *zsa*, zone d'initiation subapicale (riche en acides ribonucléiques), dont la partie interne a produit les ébauches des deux stèles (*st*) et le bord externe les ébauches foliaires (*f*). L'activité péricline qui multiplie les apicales (*a*) marque la fin de ce fonctionnement. (Technique de Brachet.)

Fig. 4. — Section transversale d'un apex tel que celui de la figure 2, très près du sommet : formation de petites cellules méristématiques apicales (*ma*).

Fig. 5. — Section plus basse du même apex montrant les deux îlots initiateurs du fonctionnement bistélique.

Fig. 6. — Section plus basse du même échantillon : ébauches des deux stèles et des feuilles (disposées en quatre orthostiques).

apex à section circulaire présenterait un anneau méristématique (*fig.* 5). De chacune de ces masses naissent deux rangées de feuilles, disposées en deux orthostiques (*fig.* 6), et, indépendamment de ces feuilles, une solénostèle (*fig.* 6).

Mais cette structure est inconstante, elle disparaît et reparaît périodiquement au cours du fonctionnement de l'apex et de l'ontogenèse de la tige. La périodicité, synchronique de la ramification, peut se résumer comme suit.

1° La ramification de la tige est presque exactement dichotome. C'est-à-dire que, périodiquement, chaque apex se divise en deux nouveaux de dimensions presque semblables. Le plus petit des deux provient d'un flanc de l'ancien, le flanc gauche sur la figure 2, dont quelques cellules, *très près du sommet*, grandissent et deviennent des apicales (a_2). Les plus axiales des apicales anciennes *se mettent au contraire à proliférer*, et ce sont de grandes cellules qui les bordaient, vers la droite sur la figure 2, qui deviennent les apicales du plus grand des méristèmes-fils (a_1). Un premier fait qui ne semble pas encore avoir été signalé est donc que les apicales anciennes « rentrent dans le rang » et fournissent des cellules banales de flanc des apex nouveaux, tandis que les apicales nouvelles résultent d'une différenciation de cellules plus ou moins latérales de l'apex ancien.

2° Aussitôt après une dichotomie (*fig.* 1) les apicales nouvelles *deviennent inactives*, la prolifération organogène se localise sur les flancs des nouveaux apex, et au-dessous des apicales. Chaque méristème fonctionne alors quelque temps *comme le méristème de S. caulescens* [1], avec une « *couronne subapicale* » (*csa*) et un « *méristème médullaire* » (*mm*). Les portions de tige dérivées de ce fonctionnement sont alors *monostéliques* (*fig.* 1, *tm*).

3° Au moment de la dichotomie, l'activité soudaine des apicales anciennes crée, par dédifférenciation, un îlot méristématique exactement apical (*fig.* 2, *ma*) *qui réunit les cordons proconducteurs des deux stèles*, il en résultera, dans la suite de la différenciation, une *anastomose transversale* entre les deux stèles précédemment ébauchées (*fig.* 1, *an*).

4° Cette anastomose concerne en outre, du côté apical, les cordons proconducteurs des deux flancs en regard des nouveaux apex (*fig.* 1, *an*), elle est donc en même temps une anastomose entre les stèles des deux tronçons monostéliques naissants.

5° Tandis qu'il édifie un tronçon monostélique, chaque apex nouveau s'élargit en s'aplatissant et reprend rapidement sa dorsiventralité accusée. Lorsque celle-ci est retrouvée, le procambium ne naît plus d'une « couronne subapicale », la partie interne de cette couronne, qui produit les tissus proconducteurs, se résout en deux îlots, un sur chaque flanc, qui émettent chacun un cordon proconducteur (*fig.* 5). Chacun de ces deux cordons se différenciera en une stèle. Le point végétatif acquiert donc, avec l'accen-

tuation de sa dorsiventralité, un *fonctionnement bistélique* (*fig.* 3, 5, 6).

6° L'élargissement de l'apex en rapport avec l'accroissement de dorsiventralité, ne tarde pas à susciter une activité prolifératrice *péricline* des apicales, jusque-là inactives, leur nombre, qui variait de 3 à 6, atteint 8 à 12, formant une crête de grandes cellules apicales (*fig.* 3, *a*). Ce sont les cellules de l'*un des bords* de cette crête, à gauche sur la figure 3, qui deviendront les apicales de l'un des méristèmes issus de la prochaine dichotomie. Celles de l'autre bord se dédifférencieront pour former l'îlot méristématique apical évoqué au paragraphe 3; immédiatement au-delà, donc à droite du sommet sur la figure 3, des cellules de flanc de l'ancien apex grandiront et deviendront les apicales du second méristème de la dichotomie : c'est l'état dont nous sommes partis, avec la figure 2. La répétition de ce cycle assure l'ontogenèse des tiges dichotomes de cette espèce; elle explique l'activité, également périodique, des cellules apicales axiales, et le fait, observé mais non interprété, de l'existence inconstante d'une apicale unique.

L'apex de *S. Kraussiana* présente en fait un petit groupe d'apicales différenciées, mais ce groupe n'est pas permanent et se renouvelle à chaque division du méristème. Ces particularités, en rapport avec la dorsiventralité et la dichotomie presque exacte, laissent pourtant voir que les processus fondamentaux de l'organogenèse sont les mêmes que dans les autres apex de Végétaux vasculaires étudiés à ce jour. L'organogenèse, ici encore, se fait essentiellement à partir de cellules subapicales. Les apicales elles-mêmes se présentent comme un matériel résiduel, susceptible d'être mobilisé de temps à autre, mais foncièrement passif, et non permanent.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Jeunes prothalles de* Platycerium bifurcatum (*Cav.*) *C. Chr.* Note de Mme **Lily Rohlfs**, présentée par M. Louis Blaringhem.

Parmi les multiples germinations de spores de Filicinées suivies au Laboratoire, celles d'un *Platycerium bifurcatum* (Cav.) C. Chr. présentent quelques cas de prothalles lamellaires très précoces, tendance que nous avons pu observer depuis le début de la croissance.

Nous avons mis à l'épreuve la qualité germinative des spores de *Platycerium bifurcatum* (Cav.) C. Chr. prélevées sur un fragment de fronde fertile envoyé, avec d'autres échantillons, par le Jardin Botanique de Montréal. Ces spores oblongues étaient en partie libérées de leurs sporanges largement ouverts.

Le semis a été fait au Laboratoire de Botanique de la Sorbonne, dans les conditions de culture indiquées dans une Note antérieure [1] et grâce auxquelles

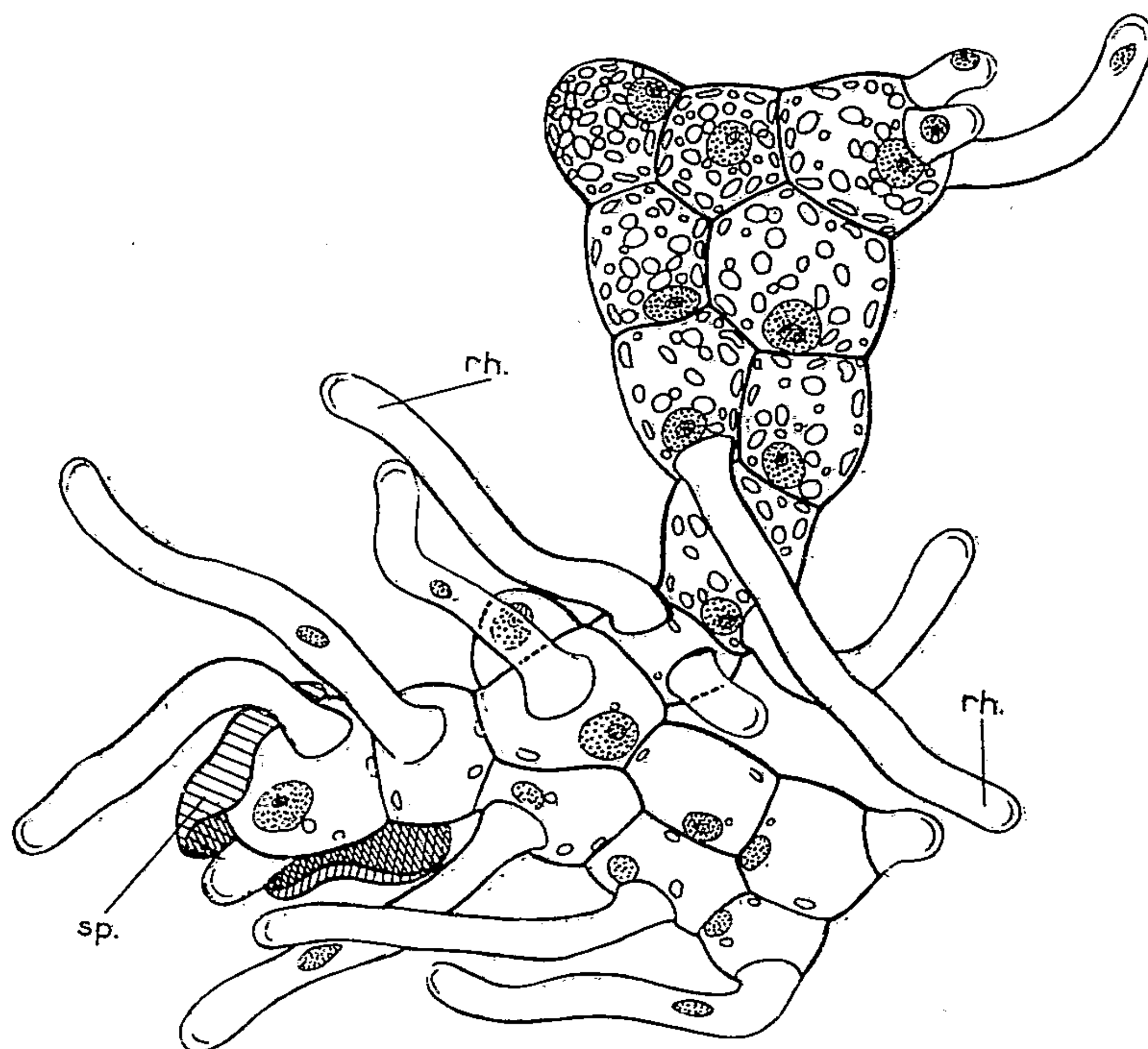
---

(1) *Comptes rendus*, 240, 1955, p. 1466.

nous avons obtenu des prothalles encore vivants de plusieurs autres Filicinées exotiques.

La germination se produisit au bout de 12 jours et fournit de très nombreux filaments prothalliens. A ce moment, l'examen microscopique révéla l'éclatement en deux valves de la plupart des spores, laissant apparaître la première cellule verte, gonflée et pleine de leucytes. A ce stade, nous constatons que le premier rhizoïde sort avant que la première cellule du filament ne se soit divisée.

Nous rencontrons d'ailleurs de longs rhizoïdes pouvant atteindre deux à trois fois le diamètre moyen de la spore. D'une façon générale, nous observons presque toujours la sortie du premier rhizoïde dès l'éclatement de la spore.



Jeune prothalle lamellaire de *Platycerium bifurcatum* (Cav.) C. Chr.
sp, enveloppe de la spore encore adhérente; *rh*, rhizoïdes.

Deux semaines plus tard, les filaments prothalliens se composaient de une à trois cellules en file, la cellule initiale pourvue de un ou deux rhizoïdes; l'enveloppe de la spore était encore bien adhérente. La forme générale de ces filaments est coudée à partir de la seconde ou de la troisième cellule. La première division cellulaire se produit le plus souvent à partir de la quatrième cellule, plus rarement à partir de la troisième; nous avons pu observer quelques très rares filaments prothalliens se divisant dès la seconde cellule.

Les rhizoïdes apparaissent sous forme de cônes très transparents laissant

voir distinctement leur noyau. Leur membrane, fine dans toute la longueur, est plus épaisse à la pointe, trace probable de son allongement en cours.

Des observations faites périodiquement dans la suite nous ont permis de suivre le développement de prothalles devenus lamellaires. C'est parmi ceux-ci que nous avons remarqué un prothalle particulièrement développé. Ce prothalle, représenté sur la figure ci-contre est formé de deux groupes de cellules, les unes à peu près vides et les autres très actives.

La spore, encore adhérente à la cellule initiale, est ouverte à la façon d'un bivalve; elle laisse voir cette première cellule qui porte deux rhizoïdes de taille différente. Nous avons souvent remarqué le fait que le premier rhizoïde sort d'abord de la spore ouverte, alors que la cellule initiale ne fait qu'apparaître.

Les huit cellules qui suivent portent chacune un rhizoïde très développé, parfois pourvu d'un noyau visible; ces cellules semblent en désagrégation, leur activité ayant été stoppée par le développement d'un autre groupe placé à l'opposé du premier lequel est formé de huit cellules remplies de leucytes. Cette seconde partie du jeune prothalle est en pleine activité d'assimilation : les deux premières cellules formées ont donné chacune un rhizoïde; la cellule formant l'angle supérieur droit en possède trois dont l'un est complètement développé. La cellule de pointe placée à l'extrême gauche de la figure est en pleine activité de croissance, comme le prouvent les nombreux leucytes groupés à la limite supérieure. Les noyaux, encore actifs dans cette partie du prothalle, sont volumineux, appliqués pour la plupart contre la membrane inférieure des cellules. C'est cette partie chlorophyllienne du jeune prothalle qui, dans la suite, pourra donner un prothalle sexué.

Parmi nos élevages de prothalles de *Platycerium bifurcatum* (Cav.) C. Chr., nous obtenons de très jeunes prothalles lamellaires chez lesquels nous constatons, dès le début de la germination, une succession d'alternatives : multiplication de cellules chlorophylliennes à évaporation active, sortie abondante de rhizoïdes qui doivent fournir le liquide indispensable au développement normal des cellules remplies de leucytes actifs.

BIOLOGIE FLORALE. — *Sur diverses méthodes de Vernalisation du Pavot œillette* (Papaver somniferum *L.*). Note de M. **Pierre Lecat**, présentée par M. Louis Blaringhem.

Dans une lignée parfaitement stable, sélectionnée pendant cinq ans, la Vernalisation par le froid au moyen d'un procédé spécial des semences de Pavot œillette a été réussie pour la première fois. Elle a également réussi en présence de la solution de Thimann, inhibitrice momentanée de croissance. Il en est résulté une avance à la floraison de 6 à 10 jours.

La Vernalisation du Pavot œillette ne semble pas avoir été réussie jusqu'aux présents essais. Tentée au stade de la rosette par Ivanov, elle

n'avait pas donné de résultats positifs. Le traitement des semences avait vraisemblablement échoué devant leur très grande facilité à moisir pendant leur séjour au froid. Le procédé employé, en empêchant la contamination des semences saines, réduit à des proportions négligeables, sans aucune stérilisation, les dégâts des moisissures.

Nous avons essayé les traitements des semences par divers procédés : 1° le froid en présence d'eau distillée; 2° le froid en présence d'une solution inhibitrice de croissance; 3° la chaleur en présence de la même solution inhibitrice de croissance.

Le froid en présence d'eau distillée. — Nous avons mélangé 3 g de semences avec 150 g de sable de Fontainebleau, humecté de 2 cm³ d'eau distillée. Le mélange sableux a été ensuite tassé dans une boîte de Pétri ordinaire, et celle-ci a été enfermée dans un sac de polythène soigneusement fermé au fer chaud afin d'éviter toute perte d'humidité, donc la dessiccation des semences. La boîte de Pétri a été placée à la glacière à + 2° + 3° pendant 35 jours. Au 35ᵉ jour, les germes commençant à paraître, le mélange sableux fut semé en pleine terre.

Deux boîtes furent ainsi préparées : la première (n° 1) avec des semences provenant d'une plante vernalisée en 1954; la seconde (n° 2) avec des semences provenant d'un témoin non vernalisé de la même récolte.

Le froid en présence d'une solution inhibitrice de croissance. — Il s'agit de la solution de Thimann, faite du mélange des chlorures de potassium (1 partie) et de calcium (3 parties). Une concentration de 2 % est suffisante pour entraver temporairement les phénomènes germinatifs du Pavot, sans inhiber les autres phénomènes vitaux, dont la respiration. Les tentatives de Vernalisation en présence des inhibiteurs de la respiration ont, en effet, toujours échoué. Le dispositif expérimental est le même que précédemment, au détail près suivant : 150 g de sable de Fontainebleau imbibé de 4 cm³ de solution de Thimann, 35 jours de glacière également.

Vernalisation par la chaleur. — La solution de Thimann à 2 % fut aussi efficace à 30° qu'à la glacière — au sein du même dispositif expérimental; les boîtes de Pétri, toujours soigneusement enveloppées dans un sac de polythène imperméable, furent placées 8, ou 15, ou 21 jours à l'étuve à 30°, sans grande divergence dans les résultats. La moyenne en sera donnée sous le n° 4.

Toutes ces semences étaient issues d'une lignée sélectionnée généalogiquement depuis 5 ans. Les semences des n°s 2, 3, 4 et 5 (témoin) étaient issues de la même plante. Les variations individuelles à l'intérieur de chaque traitement furent très réduites ou nulles, particulièrement en ce qui concerne le nombre de feuilles.

Résultats. — Toutes ces semences furent mises en terre homogène, sur

deux rangs alternés, le 2 avril, époque normale du semis des œillettes. La levée débuta le 9 avril pour le n° 1 (vernalisation 1954-1955), le 10 avril pour les nos 2, 3 et 5 (témoin), le 12 avril pour les vernalisations chaudes (n° 4). Après éclaircissage, il resta sur chaque ligne 19 pieds, soit 38 plants d'œillette pour chaque traitement.

Les floraisons débutèrent le 28 *juin* pour les plantes du n° 1, le 1er *juillet* pour les plantes du n° 2, le 3 *juillet* pour les plantes du n° 3, le 8 *juillet* pour les plantes du n° 5 (témoin), le 11 *juillet* pour les plantes du n° 4 (chaleur). Les écarts entre les pleines floraisons étaient légèrement plus accentués. Le nombre des feuilles était alors de : 15 pour les nos 1 et 2; 17 pour le n° 3 et 23 pour les nos 4 et 5. La récolte, faite le 25 août, a donné les résultats suivants : après dessiccation naturelle dans un local aéré (nouvelles pesées le 20 septembre).

N°	Perte de poids par dessiccation.	Nombre de capsules.	Poids sec total (g).	Poids des graines (g).	Poids des coques (g).
1 (54-55)	1 %	48	380	228	152
2 fr. 55	5	54	406	236	170
3 fr. 55	7	62	424	274	150
4 chal. 55	25	62	270	116	154
5 témoin	20	70	386	210	176

Conclusions. — La Vernalisation froide à l'eau distillée a provoqué une avance à la floraison de 8 à 10 jours sur le témoin. Le phénomène déjà constaté sur d'autres plantes d'une sorte d'hérédité temporaire de la vernalisation, s'est manifesté ici par une avance de 2 à 3 jours sur les individus issus d'une plante non vernalisée en 1954. La Vernalisation par le froid a pu s'effectuer sur les semences du Pavot œillette en l'absence de tous phénomènes germinatifs — ceux-ci ayant été parfaitement entravés pendant la durée du traitement par la solution chlorurée de Thimann à 2 %. Les Vernalisations froides ont entraîné une réduction de 6 et de 8 unités du nombre de feuilles sur chaque individu ainsi qu'une réduction marquée du nombre de capsules. Elles ont néanmoins provoqué une très nette augmentation du poids de graines récoltées, particulièrement chez les plantes issues de semences traitées par la solution de Thimann — qui déplace nettement en faveur des graines le rapport poids des graines/poids des coques.

Les traitements par la chaleur ont par contre très nettement retardé la floraison et diminué le poids des graines récoltées.

GÉNÉTIQUE. — *Recherches cytogénétiques chez les Iris* Pogocyclus. VII. *Comportement méiotique d'hybrides diploïdes et de plusieurs recroisements*. Note de M. **Marc Simonet**, présentée par M. Louis Blaringhem.

Le comportement méiotique des *Pogocyclus* diploïdes ($2n = 22$) montre une forte asyndèse. Recroisés avec les *Pogoniris* $4n (n = 24)$, ils donnent, après doublement chromosomique ♀, des plantes à $2n = 46$ à la méiose desquelles on trouve une forte conjugaison des chromosomes *Pogoniris* et une asyndèse du stock haploïde *Oncocyclus* qui est ensuite partiellement éliminé lors de la maturation sexuelle.

Les Iris *Pogocyclus* sont des hybrides interspécifiques entre *Pogoniris* et *Oncocyclus*. Poursuivant nos études à leur sujet, nous présentons dans la Note actuelle le résultat de nos recherches cytogénétiques sur quelques croisements et recroisements nouveaux.

Entre *Pogoniris* diploïdes ($n = 12$) et *Oncocyclus* ($n = 10$), nous précisons que les *I. Dorak*, *Nazirin* de Foster et *William Mohr* de Mohr sont à $2n = 22$ (♀ $n = 12 +$ ♂ $n = 10$: $2n = 22$), ce dernier déjà étudié par Randolph (1). Leur comportement méiotique vient d'être étudié. A la métaphase hétérotypique, nous avons observé des univalents, quelques rares bivalents et trivalents. L'asyndèse existe dans 50 % des cellules des *I. Dorak* et *Nazirin* et dans 10 % de celles de l'*I. William Mohr*. Nous trouvons respectivement, en moyenne, par cellule (sur 100) : 20,9, 20,4 et 17,6 univalents ; 0,5, 0,7 et 2,0 bivalents et 0,02, 0,01 et 0,1 trivalents, soit 1,0, 1,4 et 4,3 éléments conjugués pour 0,5, 0,7 et 2,1 configurations chromosomiques. Ces hybrides ont un pollen rare presque entièrement constitué de grains avortés.

Le recroisement (R_1) de ces *Pogocyclus* diploïdes, employés comme géniteurs ♀, avec les *Pogoniris* tétraploïdes ($n = 24$) est exceptionnel. Nous avons déjà fait connaître que les *I. Ismali*, *Lady Lilford* de Foster et *Congrès* de Cayeux sont de tels hybrides. Randolph (1) et nous-même récemment (2) avons indiqué les nombres chromosomiques de plusieurs descendants de *William Mohr*. Nos présentes études confirment que les *I. Elmohr* de Loomis et *Ormohr* de Kleinsorge sont bien à $2n = 46$, tandis que les *I. Mohrson* de White et *Grace Mohr* de Jory sont à $2n = 47$. Depuis, nous avons trouvé $2n = 48$ en étudiant l'*I. Laurel Hill* de Plough. Dans tous ces exemples, c'est un œuf à nombre chromosomique non réduit de l'*I. William Mohr* qui a été fonctionnel (♀ $2n = 22 +$ ♂ $n = 24$: $2n = 46$).

Deux autres possibilités permettent encore de créer ces *Pogocyclus* à $2n = 46$. On peut les obtenir, soit en croisant directement un *Pogoniris*

---

(1) *Bull. Amer. Iris Soc.*, 107, 1947, p. 68.

(2) *Comptes rendus*, 239, 1954, p. 1842.

triploïde ($2n = 36$) avec un *Oncocyclus* ($n = 10$); l'*I. Ric-ib* de Denis appartient à cette catégorie. Dans ce cas, c'est aussi un œuf à nombre chromosomique non réduit ([3]) qui a été viable (♀ $2n = 36$ + ♂ $n = 10$: $2n = 46$). En second lieu soit en alliant non plus les *Pogocyclus* diploïdes ($2n = 22$) aux *Pogoniris* $4n$ ($n = 24$), mais en unissant ces derniers aux *Pogocyclus* $4n$ ($n = 21$-22) qui sont seuls ♀ fertiles. Ainsi, avec l'*I. Ibmac* de Van Tubergen nous avons mentionné [([3]) et ([4])] que les *I. Antipolis* et *Marjoris* sont à $2n = 46$ (♀ $n = 24$ + ♂ $n = 22$: $2n = 46$), nombre retrouvé depuis chez notre *I. Loris* (*Cypriane*×*Ibmac*). Avec *Capitola* de Reinelt, Randolph ([1]) a signalé $2n = 45$ chez l'*I. Lady Mohr* de Salbach et nous-même ([1]) avons aussi observé ce nombre chez plusieurs hybrides de *Purissima*×*Capitola* de Jory.

Toutes ces plantes à $2n = 46$, dont le pollen est fertile à 45-50 %, se recroisent assez facilement avec les *Pogoniris* $4n$. Avec les R^1 des *Pogocyclus* $2n$, outre *Ormaco* ($2n = 53$) et *Illusion* ($2n = 44$) de Kleinsorge respectivement étudiés par Randolph ([1]) et nous-même (et non $2n = 48$ comme indiqué), nous avons signalé plusieurs descendants obtenus à partir des *I. Congrès*, *Lady Lilford* et *Elmohr* ([2]). Cette année, sur de nouvelles combinaisons hybrides issues des deux premiers, puis à partir des *I. Ormohr* et *Suez*, nous avons trouvé sur une plante des *I. Ormohr*×*Nène*, $2n = 44$; *Ormohr*×*Ming Yellow*, $2n = 46$; *Suez*×*Ming Yellow*, $2n = 50$; *Congrès*×*Agrippa*, $2n = 49$; *Congrès*×*Gyptis*, $2n = 50$; *Congrès*×*Sr. de Mme Gaudichau*, $2n = 51$; *Congrès*×*Zingarella*, $2n = 53$ et *Lady Lilford*×*Vision*, $2n = 52$.

De même, les descendants à $2n = 46$ des *Pogocyclus* $4n$ peuvent être recroisés (R_1) avec les *Pogoniris* $4n$. En 1953, nous en avons obtenu quelques-uns ([2]); depuis nous en avons réalisé de nouveaux à partir des *I. Marjoris* et *Lady Mohr*. Deux plantes de *Lady Mohr*×*Jean Cayeux* sont, l'une à $2n = 48$, l'autre à $2n = 51$ et une plante de *Marjoris*×*Floréal* est à $2n = 53$.

En outre, sur un matériel assez abondant, nous avons analysé le comportement méiotique de plusieurs de ces recroisements. Chez les *I. Elmohr*, *Ric-ib*, *Marjoris*, tous à $2n = 46$ et *Lady Mohr* à $2n = 45$, il existe des univalents, des bivalents et des polyvalents. En moyenne, par cellule (30), nous avons trouvé respectivement : 14,5, 16,6, 16,6 et 13,3 univalents; 8,2, 7,8, 8,5 et 8,3 bivalents; 4,3, 4,5, 4,0 et 4,7 trivalents; 0,4, 0,02 tétravalents chez les deux premiers et 0,2 chez le dernier; 0,1, 0,02, 0,08 et 0,04 pentavalents; 0,02 hexavalents chez les deux premiers, soit 31,5,

---

([3]) *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 1581.
([4]) *Comptes rendus*, **235**, 1952, p. 1426.

29,3, 29,4 et 31,7 éléments conjugués pour 13,0, 12,3, 12,5 et 13,2 configurations chromosomiques.

Les comportements méiotiques décrits pour les *Pogocyclus* $2n$ montrent, chez les *I. Dorak* et *Nazirin*, une asyndèse tout à fait semblable à celle déjà notée chez l'*I. Ibpall* (⁵). Une conjugaison moins faible est cependant présente chez l'*I. William Mohr*. Ces importantes anomalies chromosomiques sont favorables à la formation de « noyaux de restitution » qui expliquent les doublements chromosomiques observés. Quant aux analyses méiotiques effectuées chez les *I. Elmohr*, *Ric-ib*, *Marjoris* et *Lady Mohr*, elles donnent des résultats comparables à ceux mentionnés antérieurement chez les *I. Antipolis* ([3]), *Congrès* et *Ismali* ([4]); tous ces hybrides à $2n = 46$ possèdent une garniture *Pogoniris* triploïde et un stock *Oncocyclus* haploïde ($n = 12 \times 3 = 36 + n = 10 : 2n = 46$), et nous avons alors montré que ce mode de conjugaison correspond, d'une part à celle des 36 chromosomes *Pogoniris* ([6]) et d'autre part à la forte asyndèse des 10 éléments *Oncocyclus* ([5]).

PSYCHOPHYSIOLOGIE. — *Sur le déterminisme de l'acceptation des cellules royales artificielles chez les Abeilles.* Note de MM. **Rémy Chauvin** et **Maurice Vuillaume**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

Les variations du pourcentage d'acceptation des cupules royales artificielles tiendraient à un équilibre entre deux substances incluses dans la cire : l'une *inhibitrice de l'acceptation* (queen substance de Butler, ectohormone de Pain); l'autre, *facilitatrice*, sécrétée peut-être par les ouvrières et beaucoup moins stable que la première.

Les Abeilles acceptent facilement les jeunes larves déposées dans des cupules artificielles de cire; lorsque ces cupules sont introduites, l'ouverture dirigée vers le bas, dans la ruche orpheline, elles y dégorgent de la gelée royale et transforment en reine la jeune larve d'ouvrière. Cela ne se produit toutefois que dans un certain pourcentage de cas, d'habitude assez élevé; mais certaines cupules sont acceptées beaucoup moins aisément que les autres et parfois même totalement refusées.

Au cours d'expériences auxquelles nous nous sommes livrés cet été, en greffant plusieurs dizaines de milliers de cellules, nous avions pensé obtenir de meilleurs résultats en employant des cires extraites des vieux rayons par l'acétone bouillante; l'acétone était évaporée avec soin et les cupules présentées, après greffage des larves, aux Abeilles : mais elles furent totalement abandonnées, et acceptées seulement à la deuxième

([5]) *Comptes rendus*, **231**, 1950, p. 1544.
([6]) *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 650.

ou troisième présentation. D'autre part, les nourrices acceptent sans difficulté les cupules formées de cire extraite des rayons par le benzène, les cupules de paraffine à haut et bas point de fusion; les cupules de cire artificielle du commerce, constituées de cires végétales ou minérales, les cupules d'ozokérite, et même celle de verre (présenté tel quel, sans être recouvert de la moindre pellicule de cire). Martinez Lopez utilise des cupules de matière plastique ([1]).

Trois hypothèses s'offrent à l'esprit pour expliquer les grandes variations d'acceptation suivant la nature des cires et leur provenance :

1° Il existe dans les cires mal acceptées une substance répulsive;

2° Il y manque une substance attractive;

3° L'abandon tient à un facteur non chimique (propriétés physiques).

Les deuxième et troisième hypothèses tombent du fait de l'acceptation de substances cireuses très variées et même de verre. La répulsion peut être attribuée alors au solvant d'extraction ou à la cire elle-même; mais la première hypothèse peut être écartée, car la paraffine dissoute au préalable dans l'acétone (qu'on évapore ensuite) est parfaitement acceptée.

La cire contiendrait donc une substance répulsive, ou mieux *inhibitrice de l'acceptation.* Il nous semble probable que cette substance doive se confondre avec la substance de la reine (*queen substance*) de C. G. Butler ([2]) ou l'ectohormone dont J. Pain ([3]) a montré le rôle inhibiteur sur les ovaires des ouvrières. Cette substance serait déposée par les ouvrières, qui l'ont récoltée sur la reine, au cours du léchage et du malaxage des rayons. Butler a montré en effet qu'une sécrétion de la reine inhibait la construction des cellules royales, mais n'avait pas décelé la présence de cette sécrétion sur les rayons. Il est probable d'ailleurs qu'elle ne s'y trouve pas répartie d'une manière uniforme; et les cellules royales normales s'élèvent sans doute dans la ruche aux points de concentration minima de la substance inhibitrice. Cette substance pourrait s'extraire des rayons par l'acétone, mais non par le benzène; elle serait très stable comme Pain l'a montré et comme nous l'allons voir.

Mais il existe de plus une substance antagoniste, qui *facilite l'acceptation.* En effet, lorsqu'on introduit dans la ruche une rangée de cellules de cire mal acceptée d'habitude, et ceci avant même d'y pratiquer la greffe des larves, on augmente beaucoup le pourcentage d'acceptation. Cela se produit même lorsque la brochette de cellules est protégée par une toile métallique du contact direct des Abeilles. Mais si après cette phase « d'habituation », on retire les cellules puis on les laisse au dehors et à la température

---

([1]) M. Lopez, *Gleanings in Bee Culture*, septembre 1955.

([2]) *Trans. Entom. Soc. London*, 105, 1954, p. 11-29.

([3]) *Comptes rendus*, 239, 1954, p. 1869; 240, 1955, p. 670.

ordinaire pendant 1 à 15 jours avant d'y greffer les larves, on s'aperçoit que le pourcentage d'acceptation s'abaisse progressivement pour retomber au niveau de celui des cellules neuves, mal acceptées. Cela ne peut s'expliquer que par le dépôt sur les cellules d'une substance ou d'une odeur qui facilite l'acceptation; substance instable, mais peu soluble, car elle n'est pas entraînée par un lavage des cellules au moyen de l'eau ou des solvants des corps gras; mais non spécifique d'une colonie déterminée, puisqu'on peut introduire avec succès dans une ruche des cellules ayant séjourné dans une autre ruche. Il ne s'agit donc point du mélange complexe d'odeurs et peut-être de saveurs qui permet, d'après Nixon et Ribbands (4), aux Abeilles d'une colonie de se reconnaître entre elles; mais peut-être de l'« odeur » qui, d'après J. Lecomte (5), attire les Abeilles placées dans une caisse hors de la ruche les unes vers les autres, même si elles n'appartiennent pas à la même colonie; ou encore de ce facteur chimique qui, d'après le même auteur (travail non publié), familiarise les ouvrières avec une cagette et provoque la montée de leur aggressivité; la cagette est considérée comme familière même si elle a été habitée par les sujets d'une autre ruche, mais non si elle est neuve.

ÉLECTROCARDIOGRAPHIE. — *Vectocardiographie intrinsèque et exploration spatiale par trièdre et axe mobiles*. Note de M. **Renaud Kœchlin** (1), présentée par M. Louis Bazy.

La « vectocardiographie intrinsèque » (2) présente les caractères du vectogramme spatial par projection sur un trièdre trirectangle mobile en azimut, site et rotation équatoriale. L'orientation anatomique topologique est rapportée au cœur; l'orientation descriptive typologique est rapportée à la courbe spatiale. Les concordances dans les plans frontal et horizontal-précordial, contrôlent les tarages et justifient la méthode.

Le vectogramme spatial caractérise l'électrogenèse; lié au cœur, il se déplace avec lui. Selon les positions individuelles du cœur, les projections rapportées au thorax donnent lieu à une multiplicité de courbes par effets de perspective, tant pour les VCG usuels que pour les ECG standards (notamment V4). L'efficacité de la vectographie implique la constitution de catalogues documentaires, puis l'obtention simplifiée de courbes de routine rapidement identifiables. Pour compenser le facteur individuel, on peut utiliser des plans d'exploration

(4) C. R. Ribbands, *Public. Bee Res. Assoc.*, 1953, 352 pages.

(5) *Z. Vergl. Physiol.*, 32, 1950, p. 499-506.

(1) Avec la collaboration médicale du Dr Pierre Laubry.

(2) Mémoire en enveloppe cachetée n° 12753, déposée le 3 novembre 1950.

rapportés : 1° au cœur et ces documents auront une valeur topologique; 2° à tout ou partie de la courbe spatiale, ils feront alors ressortir ses détails typologiques.

Deux Notes antérieures décrivent les vectographies précordiale, directe et azimutale calculée (³), (⁴). A présent, les trois composantes électrocardiographiques : *xyz* de référence, des dérivations disposées en trièdre rectangle sur le patient, sont appliquées à une alidade électronique qui donne automatiquement les composantes XYZ des trois plans d'un trièdre mobile. Le calcul automatique des projections est une transposition des opérations graphiques de P.W. Duchosal et R. Sulzer (⁵). Les dérivations et les procédés de contrôle d'axes et de tarages restent ceux de A. Jouve, P. Buisson et G. Bergier (⁶). Il a été nécessaire d'extrapoler ces procédés par des contrôles simultanés effectués dans plusieurs quadrants et sextants, et par des opérations combinées en azimut, site et rotation équatoriale.

L'axe repéré OX donne une composante calculée en azimut et site; on la compare aux composantes des dérivations à étudier, pour le choix des tarages, les contrôles ou l'étude des axes. *Le plan repéré XOZ* et *le plan de profil XOY* tournent autour de l'axe repéré OX d'un angle de rotation équatoriale; ils révèlent, soit l'évolution longitudinale de l'électrogenèse rapportée au cœur, soit sa morphologie spatiale selon la plus grande étendue de la boucle en plan, et son gauchissement en profil. Un catalogue devrait présenter ces projections longitudinales selon plusieurs angles de rotation, afin de pouvoir, en routine, se contenter d'enregistrements directs sans rotation (notamment le VCG Précordial). *Le plan équatorial* ZOY est perpendiculaire à l'axe repéré OX; rapporté au cœur, il révèle l'évolution radiale de l'électrogenèse; son VCG a une valeur intrinsèque, il convient donc au dépistage, comme les composantes axiale calculée et apicale.

Les concordances simultanées sont observées souvent à 15 ou 20° près dans les plans d'enregistrement. Des écarts de plus de 45° ont été mesurés entre l'axe de projection et l'axe géométrique d'une transversale bipolaire dorsale, située à la hauteur du centre électrique apparent; au moyen d'une composante calculée avec un même écart à partir d'axes perpendiculaires, la distortion correspondante du vectogramme a été reconstituée. Par ailleurs, l'alidade recevant les composantes des trois dérivations d'un trièdre décalé horizontalement de 45° ($V3R_0$ et $V4_0$) et inversé (une unipolaire sur l'épaule gauche), le trièdre mobile a restitué les VCG usuels calculés dans les plans de Jouve; on

---

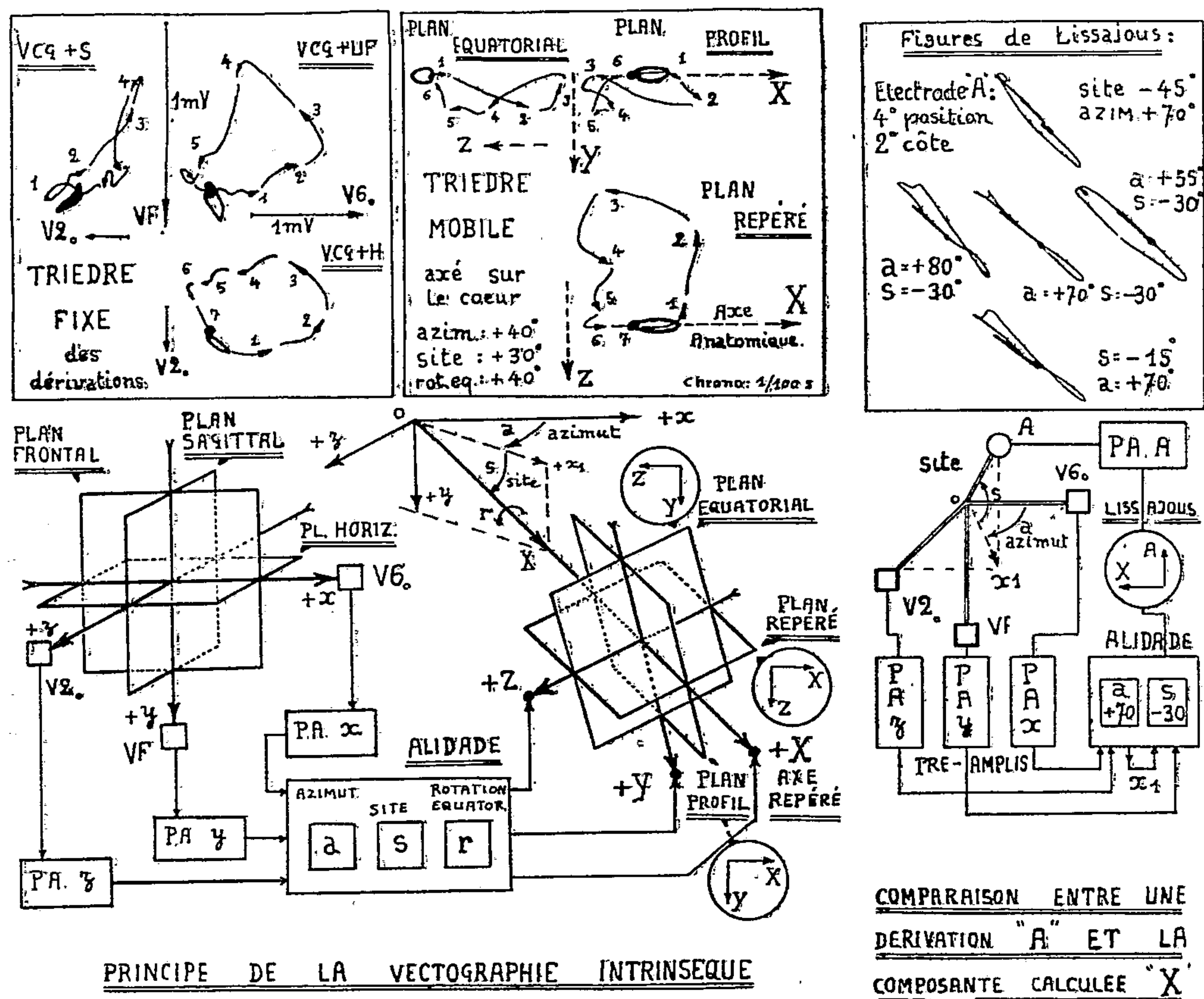
(³) *Comptes rendus*, **236**, 1953, p. 252.

(⁴) *Comptes rendus*, **240**, 1955, p. 2577.

(⁵) *La Vectocardiographie* (Karger 1949).

(⁶) A. Jouve, J. Senez, et J. Pierron, *Diagnostic Électrocardiographique*, 2ᵉ éd. Masson, 1954.

retrouve donc le même VCG spatial normal rapporté au cœur. Ainsi, on peut dire qu'un vectogramme est géométriquement valable, ou compatible, lorsque ses projections calculées concordent avec les électrocardiogrammes enregistrés sur des dérivations dont les axes de projection sont situés dans son plan.



PRINCIPE DE LA VECTOGRAPHIE INTRINSEQUE

Conclusion. — La « vectographie intrinsèque » préconisée ici rapporte les projections au cœur ou au VCG spatial, pour tenter d'obtenir des documents peu influencés par les facteurs individuels. La classification et l'identification devraient être simplifiées en partant de l'ECG apical et du VCG équatorial (simple ou stéréogramme ou anaglyphe), dont les typologies sont en principe indépendantes de la rotation du cœur, facteur mal défini. Franchissant les limites de la validité vectorielle, certains cas font présumer une anomalie cardiaque ; néanmoins, la typologie de leurs VCG spaciaux reste identifiable. Un même vectogramme spatial normal a été calculé à partir de plusieurs systèmes d'axes ; donc, les incompatibilités observées en routine et dans les publications, sont souvent imputables à des techniques instrumentales inadéquates, plutôt qu'à une non validité essentielle des hypothèses d'Einthoven.

Remarques de M. **Louis Bazy** *au sujet du pli cacheté de* M. Renaud Koechlin *enregistré le* 6 *novembre* 1950 *sous le* n° 12753 *et ouvert le* 14 *décembre* 1955 *et de la Note ci-dessus du même auteur.*

Le Mémoire intitulé : *Électro-vectocardiographie intrinsèque*, daté du 30 octobre 1950 et déposé à l'Académie par Renaud Koechlin, comporte 29 pages et 25 figures. Il propose le principe d'un mode d'enregistrement de l'électrogenèse cardiaque qui répondrait à l'observation suivante d'Einthoven : il serait désirable de pouvoir s'affranchir des difficultés d'interprétation introduites, lors des diagnostics, par la diversité des orientations anatomiques du cœur d'un patient à l'autre. Le Mémoire mentionne qu'une réalisation est en cours mais il n'apporte pas de confirmation expérimentale.

Selon cette proposition de 1950, trois dérivations perpendiculaires constituent le trièdre fixe de référence, conformément aux usages, selon les plans : dorsal ou frontal, horizontal et sagittal. A partir de ces composantes, une « alidade électronique » calcule automatiquement les composantes des trois plans d'un trièdre mobile que l'opérateur peut orienter à volonté en rotation équatoriale autour d'un axe repéré en azimut et site. Les trois projections intrinsèques sont dénommées : Principale, Profil, Équatoriale. Les documents correspondants sont dégagés du facteur perspective individuelle du fait que les projections sont fixées par rapport à l'électrogenèse et non par rapport au thorax.

Relations entre le Mémoire théorique d'octobre 1950 et la Note expérimentale de décembre 1955 : Les trois opérations effectuées par l'alidade restent les mêmes, et leur validité a été vérifiée expérimentalement. L'orientation descriptive rapportée à la courbe spatiale est maintenant complétée par une orientation topologique rapportée à l'axe anatomique du cœur, repéré radiologiquement. Le trièdre fixe de référence reste géométriquement le même, mais les dérivations unipolaires de Jouve Buisson et Bergier ont donné de meilleurs résultats de mesures que les bipolaires de Duchosal et Sulzer; le principe des opérations de projection de Duchosal et Sulzer, auquel Koechlin se réfère, reste néanmoins valable, et est confirmé.

EMBRYOGÉNIE EXPÉRIMENTALE. — *L'explantation et la parabiose* in vitro *de blastodermes incubés d'embryons de Poulet. L'organisation de la circulation extra-embryonnaire.* Note de M. **Étienne Wolff** et Mme **Doris Simon**, présentée par M. Maurice Caullery.

L'explantation *in vitro* de jeunes blastodermes de poulets, n'ayant pas encore de circulation, permet des interventions audacieuses dont on peut étudier les répercussions sur l'embryon et sur l'établissement de la circulation. Ainsi peuvent être réalisées des amputations de territoires considérables, des parabioses variées. Les expériences confirment, dans une première étape, les possibilités exceptionnelles de régulation de la circulation extra-embryonnaire.

Nous avons recherché une technique permettant de cultiver *in vitro* des blastodermes entiers ou des fragments de blastodermes, pourvus de leur circulation sanguine, afin de pratiquer certaines opérations — ablations, associations, greffes, — difficiles à réaliser dans l'œuf.

Les blastodermes sont prélevés aux stades de 8 à 15 somites, c'est-à-dire à des stades précédant l'établissement de la circulation. Ils sont découpés le long de la bordure de l'aire opaque et étalés dans des verres de montre sur un milieu composé de gélose, d'extrait embryonnaire et d'une solution de Tyrode, suivant la technique d'Et. Wolff et K. Haffen (1). Le milieu est coulé entre deux verres de montre, de manière à former une lentille biconvexe fortement bombée. L'un des verres de montre sert de support au milieu. Les blastodermes s'étalent sur la surface libre de cette lentille, qui tend à reproduire la courbure du jaune et la tension de la membrane vitelline. Les récipients de culture, placés dans une chambre humide stérile constituée par une boîte de Pétri, sont mis à l'incubateur.

Les embryons acquièrent une circulation sanguine dans les délais normaux. L'aire vasculaire s'étend à la surface du blastoderme dont elle atteint bientôt les bords. Si l'on veut prolonger la culture, il faut greffer, en bordure de l'explant, des bandes supplémentaires d'aire opaque prélevées sur un autre embryon. Elles sont bientôt conquises par la circulation de l'explant, dont le sinus marginal gagne de plus en plus vers la périphérie. Cette opération peut être renouvelée. La circulation devient déficiente, puis s'arrête, quand elle ne peut plus s'étendre. La méthode a pour limites les dimensions des récipients et le fait que la courbure des milieux est insuffisante pour des blastodermes de plusieurs jours. Les embryons explantés survivent et se développent en général deux à trois jours, pendant lesquels la circulation est prospère. Ce délai est suffisant pour permettre le succès de différentes interventions.

Ce procédé rend possible l'étude du développement de blastodermes et d'embryons dont une grande partie a été enlevée; il permet d'en observer les régulations et les déficiences. Il favorise les parabioses entre deux blastodermes différents, auxquels on a enlevé les parties respectivement antérieure et postérieure. On peut, par exemple, sectionner un premier blastoderme au niveau présumé du 20e somite, un second au niveau du 10e somite. Si l'on joint la partie antérieure du premier à la partie postérieure du second, on obtiendra un embryon et un blastoderme excédentaires. Si l'on adapte la partie postérieure du premier à la partie antérieure du second, on obtiendra un ensemble déficitaire. Les parties affrontées s'accolent immédiatement, le réseau sanguin de l'une se met en rapport avec le réseau sanguin de l'autre, et bientôt la ligne de suture entre les deux morceaux s'efface complètement. La circulation sanguine s'établissant sans défaillance, on peut suivre le développement des parties affrontées et leur réorganisation.

Nous avons d'abord appliqué cette technique aux problèmes que pose la circulation elle-même. Les recherches de Fr. Stéphan (2), effectuées dans

---

(1) *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 1396.

(2) *Bull. biol. France et Belgique*, 86, 1952, p. 217-308.

notre laboratoire, ont montré, par des expériences de lésions et de ligatures, que l'organisation du système circulatoire dépend en partie des conditions hydrodynamiques du moment, en partie de dispositions préformées; les premières l'emportent souvent sur les secondes, en particulier dans le domaine extra-embryonnaire. Comment s'organise le système circulatoire des blastodermes explantés, dans le cas de systèmes déficients et de systèmes excédentaires ? Rappelons que, dans un embryon normal, les artères omphalo-mésentériques s'écartent de l'embryon au niveau de la 21e paire de somites. Dans cette région, les capillaires transverses sont plus larges qu'ailleurs, ainsi que l'a constaté A. F. W. Hughes (3). Qu'adviendra-t-il chez des embryon sectionnés en avant de ce territoire, chez des embryons auxquels manque une zone intercalaire contenant ce territoire, chez les embryons qui possèdent deux fois ce territoire ?

1° Dans les parties antérieures de blastodermes sectionnés entre le 10e et le 20e somites, les artères omphalo-mésentériques se constituent au niveau ou immédiatement en arrière de la section. Pour pouvoir tester si un embryon antérieur, amputé de sa partie postérieure à un niveau variant entre le 1er et le 10e somites, peut acquérir une circulation, il faut lui accoler, en arrière de la section, un vaste lambeau d'aire extra-embryonnaire. Dans ces conditions, une circulation peut s'établir, les artères omphalo-mésentériques se bifurquent immédiatement en arrière de la section. Leur emplacement n'est donc absolument pas obligatoire, puisqu'elles peuvent se situer à un niveau quelconque entre le 1er et le 21e somites.

2° Les embryons amputés d'une zone intermédiaire, entre le 10e et le 25e somites, forment leurs artères omphalo-mésentériques un peu en arrière de la section, mais non à leur emplacement normal, puisque celui-ci fait défaut.

3° Les embryons qui possèdent, par suite d'une association excédentaire, deux fois le même territoire, placeront leurs artères dans le premier, le deuxième territoire artériel conservant cependant son aptitude à former des vaisseaux sanguins de première importance.

4° On peut accoler deux territoires antérieurs en sens inverse. Ils peuvent contenir deux, un ou aucun territoire correspondant au 21e somite. Dans la plupart des cas, on voit s'organiser deux circulations croisées partant des deux cœurs, un demi-système artériel se mettant en rapport avec un demi-système veineux de l'autre et réciproquement. Il se forme alors deux systèmes omphalo-mésentériques, dont une branche seule est bien développée dans chaque embryon.

(3) *J. Anatomy*, 70, 1935, p. 76-122.

ÉVOLUTION. — *Notions nouvelles sur l'évolution des* Soricidæ (*Mammifères Insectivores*). Note de M. **Henri Heim de Balsac**, présentée par M. Maurice Caullery.

Une espèce inédite de *Myosorex* révèle la présence d'un os interpariétal chez les *Soricidæ*. D'autre part, l'existence de dents vestigiales n'implique pas leur disparition éventuelle.

Des matériaux d'origine africaine, appartenant au Muséum de Paris, à l'Université de Humboldt (Berlin) et au Musée de Stuttgart, soumis à notre examen, révèlent des faits inédits et nous suggèrent des interprétations nouvelles concernant l'évolution si mal connue des *Soricidæ*, ainsi que le mécanisme de leur réduction dentaire. Une fois de plus, l'Afrique se montre le refuge de formes archaïques d'un intérêt incomparable.

Le genre *Myosorex* doit prendre désormais et à plusieurs titres une place centrale dans l'histoire évolutive des *Soricidæ*. Ce genre, qui semblait caractéristique de la faune australe, a, en fait, laissé des reliques en plusieurs points du continent noir : *M. blarina* Th. n'existe pas seulement dans la zone élevée du Ruwenzori, mais aussi sur le Kilimandjaro. Une espèce inédite (Muséum de Paris) se trouve au Kivu. Enfin le type de « *Sylvisorex preussi* » Matschie, du Mont-Cameroun, est en réalité un *Myosorex* ou une forme très voisine. Ces trois espèces équatoriales montrent en commun une singulière évolution secondaire, qui se manifeste par la réduction du pavillon de l'oreille. En outre, deux d'entre elles (*M. blarina* et l'espèce du Kivu) ont conservé des caractères osseux et dentaires archaïques, d'un intérêt évident pour l'étude des modalités de l'évolution.

Interpariétal. — Cet os, qui ne paraît pas avoir été signalé chez les *Soricidæ*, subsiste, indépendant et bien développé, chez l'espèce du Kivu, même parvenue à l'âge adulte, alors que la majorité des *Soricidæ* ne porte plus trace d'interpariétal : il a disparu par résorption ou incorporation au supra-occipital. Ce fait permet d'interpréter correctement le supra-occipital des *Myosorex* et de plusieurs *Sorex*.

Denture. — Négligée par les Systématiciens, la denture des *Myosorex* est d'un exceptionnel intérêt récapitulatif, tant par sa formule que par la morphologie de certains de ses éléments :

Prémolaire Pm^4. — La grosse prémolaire supérieure des *Soricidæ* présente une sorte de talon interne, d'interprétation difficile, en raison de la présence de deux tubercules. Chez *Myosorex*, on peut observer la prééminence de ces tubercules par rapport à la surface plane. Il est logique d'en inférer que l'évolution de Pm^4 chez les *Soricidæ* commence par la dispa-

rition du tubercule postéro-interne (que l'on était tenté d'homologuer à un « hypocone » cingulaire) conjuguée avec le développement des formations d'émail, puis dans la dégénérescence presque totale du tubercule antéro-interne chez les formes les plus évoluées (certaines *Crocidura*).

Dent vestigiale mandibulaire. — Les Systématiciens ont sous-estimé l'importance théorique de la présence d'une Pm_3 minuscule chez les *Myosorex*, fait unique chez les *Soricidæ* actuels. On la considérait comme un vestige, sur le point de disparaître, et de valeur négligeable en systématique. Or, cette dent se présente avec son caractère vestigial dès l'Oligocène (Aquitanien), chez « *Sorex* » *antiquus* Pomel. Elle persiste chez les « *Sorex* » *grivensis* Déperet et *dehmi* Viret et Zapfe, du Miocène de la Grive-Saint-Alban. Elle se retrouve chez *Myosorex robinsoni* Meester du Quaternaire ancien d'Afrique australe et chez les représentants actuels du genre.

La réduction d'une couronne dentaire n'est donc nullement un caractère prophétique. Par contre, nous avons observé deux cas de disparition brusque de dents normales chez des *Crocidura* actuelles. De plus, il existait, chez « *Sorex* » *antiquus* et *S. dehmi*, en avant de la dent vestigiale, une Pm_2 normale qui, elle, a disparu. Ainsi, une dent normale peut disparaître, alors qu'une vestigiale persiste pendant des périodes immenses. Une dent vestigiale peut d'ailleurs disparaître à son tour, comme le montrent les *Surdisorex*, stade évolutif direct de *Myosorex*. L'étude attentive de la denture des *Soricidæ* fossiles ou archaïques nous conduit donc à admettre que la réduction du nombre des dents par rapport à *Saturninia* (Ludien, Éocène), qui possédait le nombre normal de dents des Euthériens (soit 44), ne se fait pas nécessairement aux dépens des plus réduites, ni en fonction du raccourcissement des mâchoires si souvent invoqué. Ce sont des facteurs de léthalité frappant les germes, bien plutôt que des causes biomécaniques, qui interviennent à des phases variables de l'évolution de ces Insectivores.

ZOOLOGIE. — *Les Leucosiidés et la réalisation d'une fonction nouvelle chez les Crustacés Décapodes*. Note de M. **Pierre Drach**, présentée par M. Louis Fage.

Chez les femelles postpubérales de Leucosiidés, l'espace compris entre l'abdomen et la surface sternale forme une cavité presque close. Le renouvellement d'eau autour de la ponte est assuré par un mécanisme nouveau, sans équivalent dans l'ensemble des Décapodes et même des Malacostracés : un canal de communication et un organe de pompage assurent une circulation de la cavité branchiale à la cavité abdominosternale.

A la maturité sexuelle, les femelles de Leucosiidés (*Leucosiidæ* Dana, Brachyoures Oxystomes) présentent une singularité depuis longtemps

connue [M. Kollmann ([1])], mais dont la réalisation morphogénétique et les conséquences physiologiques n'ont pas été envisagées : l'abdomen fortement bombé, à somites immobiles les uns par rapport aux autres, est serti par ses bords latéraux dans une sorte de muraille circulaire; celle-ci est formée par les bords proximaux des épisternites, relevés verticalement. Ainsi est réalisée entre le contour extérieur de l'abdomen et le bord du plastron sternal une rigoureuse coaptation, créant une cavité abdominosternale presque close, ne communiquant avec l'extérieur qu'au niveau du telson, réduit à un petit clapet. A une exception près, j'ai retrouvé cette disposition chez toutes les espèces de Leucosiidés contenues dans les collections des Musées nationaux d'Amsterdam, de Leyden, de Londres et de Paris ainsi que chez toutes celles récoltées à l'Institut Océanographique de NhaTrang (Mer de Chine); elle se retrouve également dans les espèces américaines d'après les photographies de M. Rathbun ([2]). La seule espèce *Pariphiculus Mariannæ* (Herklots) fait exception avec un abdomen banal, à somites mobiles, appliqué sur le sternum sans aucune coaptation (Collections du British Museum).

Un tel rapport, de cavité creuse à couvercle, entre la face sternale excavée et l'abdomen des femelles existe aussi chez les Pinnothéridés (Brachyrhynques) et chez les Majidés (Oxyrhynques); mais il y est réalisé de toute autre manière, sans la sertissure précise qui produit la fermeture quasi hermétique des Leucosiidés, sans la muraille épisternale; de plus l'abdomen garde sa mobilité; ainsi dans ces deux familles ne se pose aucun problème quant à la circulation d'eau autour des pontes.

Sur la réalisation morphogénétique du dispositif des Leucosiidés, qui ne sera point traitée en détail ici, je signalerai les faits suivants :

1° en une seule mue, les femelles passent de la forme à abdomen plat, dont les bords sont éloignés des épisternites, à la forme à abdomen bombé, à bords emboîtés dans la muraille épisternale; au cours de cette mue la surface des épisternites d'abord située dans le plan sternal se redresse perpendiculairement à lui;

2° cette mue coïncide avec ce que Ch. Perez ([3]) a défini chez les Brachyoures comme mue de puberté, après laquelle seulement les femelles sont mûres et fécondables;

3° cette mue est toujours la dernière dans la croissance des Leucosiidés; ce fait est vérifié par des statistiques relatives aux étapes d'intermue chez *Ebalia tuberosa* (absence de la série d'étapes D_0, D_1, D_2, D_3 préparatoires à la mue); il est également prouvé par des considérations biomé-

---

([1]) *Ann. Fac. Sc. Marseille*, F. IV, 1937, p. 1-94.

([2]) *Smithson. Inst. U. S. Nat. Mus.*, 166, 1937, p. 1-278.

([3]) *Comptes rendus*, 186, 1928, p. 461.

triques : la courbe de fréquence des tailles est toujours unimodale pour des lots de femelles postpubérales (vérifié chez une dizaine d'espèces);

4° dans le dispositif réalisé, la particularité difficile à expliquer n'est point la coaptation rigoureuse des bords de l'abdomen sur les épisternites, mais la formation brusque d'une muraille épisternale verticale et continue.

Les rapports topographiques abdominosternaux réalisés à la dernière mue ont une conséquence physiologique paradoxale : la ponte, accrochée aux endopodites des pléopodes, est enfermée dans une cavité close qu'elle emplit entièrement. La difficulté de renouvellement d'eau et d'oxygène autour de cette ponte n'a point échappé à H. Balss (¹) qui suggère l'existence d'un mécanisme correcteur inconnu. Ce mécanisme existe en effet; il comporte l'intervention d'une fonction nouvelle chez les femelles de Leucosiidés, fonction, dont les organes, mis en place à la mue de puberté, entrent en jeu lors de la ponte; un transit d'eau est réalisé entre la partie postérieure de la cavité branchiale et la cavité abdominosternale grâce : 1° à un canal de communication entre ces deux cavités; 2° à un organe fonctionnant comme pompe foulante, situé dans la cavité branchiale.

La mise en évidence du passage de l'eau se fait en plaçant les femelles incubantes dans de l'eau de mer colorée par du bleu de méthylène ou par une suspension de carmin lithiné. L'eau sort de la cavité abdominosternale au niveau du telson. Voici les grandes lignes du dispositif :

A la partie postérieure de la cavité branchiale les épimères des VIIᵉ et VIIIᵉ somites thoraciques présentent un épaulement un peu au-dessus de l'insertion de la dernière patte locomotrice; entre cet épaulement et le bord dorsal des épimères, la surface de ceux-ci a la forme d'une gouttière qui conduit au canal de communication branchiosternal. Ce dernier se présente comme un tube cylindrique court, limité en avant par la paroi postérieure du dernier somite thoracique, en arrière par le bord antérolatéral du Iᵉʳ somite abdominal; ce Iᵉʳ somite abdominal est fortement engrené par ses extrémités distales aux angles postérolatéraux du céphalothorax et soudé au dernier sternite thoracique par sa face ventrale; il a donc perdu toute mobilité et assure ainsi la fixité du canal branchiosternal.

Vu du côté sternal, le canal de communication apparaît obturé par une membrane qui n'est autre chose que la surface postérieure, formant piston, de l'organe de pompage. Celui-ci est un sac allongé logé dans la gouttière épimérienne, inséré par sa cuticule souple de part et d'autre de l'arête du dièdre aigu formé par les épimères et la voûte branchiale. Sa cuticule est plissée en accordéon dans le sens transversal, sauf au niveau de la surface postérieure; celle-ci, de contour circulaire, est plus rigide et s'insère

(¹) *Bronn's KL. u. Ordn. Thier.*, Decapoda, 1940, 1 Lief., p. 104.

exactement dans l'entrée du canal branchiosternal; les muscles moteurs de l'organe s'attachent sur un apodème rigide situé juste au-dessous de cette surface postérieure. L'examen comparé d'un mâle, d'une femelle prépubérale et d'une femelle postpubérale montre à l'évidence que les organes de pompage ne sont autre chose que les poches péricardiales de Cuénot, organes communs à tous les Brachyoures. Leur fonction jusqu'ici reconnue est celle d'organes régulateurs de la pression hydrostatique pendant l'exuviation [Otto ([5])]; un changement de fonction total est donc réalisé à la mue de puberté des femelles; l'étude des transformations structurales de ces organes et de leur fonctionnement trouvera place dans un Mémoire détaillé. Disons seulement que la nouvelle fonction est rendue possible : 1° par la souplesse du revêtement cuticulaire des poches péricardiales; 2° par leur communication avec le péricarde permettant de rapides variations de volume au cours du pompage; 3° par l'existence d'une musculature spéciale. Quant au canal de communication, il est représenté chez les Brachyoures par une fente capillaire entre les parois postérieures du VIIIe sternite thoracique et les surfaces antérolatérales du Ier sternite abdominal.

En résumé, toutes les parties nécessaires à la réalisation du nouveau dispositif existent; l'évolution ontogénétique et phylogénétique que nous constatons a exigé : 1° une mise en place de ces différentes parties telle qu'un canal de communication soit réalisé et telle que la partie postérieure des poches péricardiales en état d'élongation puisse obturer son ouverture; 2° la substitution d'un fonctionnement rythmique actif (une pulsation toutes les 1 ou 2 s) à un fonctionnement passif occasionnel, dans la musculature des poches péricardiales. La mise en place morphologique est, du point de vue phylogénétique, antérieure à la nécessité de la fonction; cette mise en place est en effet réalisée chez *Pariphiculus Mariannæ* (Herklots) où la fonction est à coup sûr inutile, puisque les œufs y sont, comme chez la plupart des Brachyoures, baignés par l'eau de mer extérieure. (Faute d'avoir pu observer cette espèce indopacifique vivante, nous ne savons pas si la fonction pulsante y est effective ou non.)

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — Corpus allatum *et développement ovarien chez* Calliphora erythrocephala *Meig* (*Diptère*). Note de M. **Bernard Possompès**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

L'ablation du *corpus allatum* n'empêche pas le déroulement complet de l'ovogénèse chez l'imago de *Calliphora erythrocephala* lorsque l'opération est pratiquée chez la larve.

([5]) *Zool. Anz.*, 117, 1937, p. 215-220.

Des opérations d'ablation fractionnée de l'anneau de Weismann de larves de *Calliphora erythrocephala* m'ont permis de disposer d'imagos de la même espèce dépourvus de *corpus allatum* (¹).

L'opération, effectuée sur des larves du troisième stade, consiste à ôter la partie de l'anneau de Weismann dorsale par rapport à l'aorte. Le *corpus allatum* est ainsi extirpé avec un fragment de glande péritrachéenne à l'intérieur duquel il se trouve inclus. Un examen précis de la forme exacte du segment enlevé permet de contrôler l'étendue de l'ablation.

Tous les animaux survivants (la mortalité post-opératoire est très faible) forment, sans exception, un puparium et subissent la mue nymphale. L'empupement manifeste simplement un léger retard occasionné, au moins partiellement, par le faible déficit en glande péritrachéenne entraîné par l'opération. La morphogénèse imaginale ne se poursuit cependant jusqu'à son terme que chez un nombre restreint d'individus; la totalité des imagos mâles et femelles obtenus peut se réduire, dans certaines séries, à 8 % seulement du nombre de larves opérées.

Cet arrêt fréquent du développement imaginal tient à des causes étrangères à toute interprétation endocrine; il est lié à certaines modalités particulières de l'évolution de l'appareil stigmatique au moment de la transformation de la nymphe cryptocéphale en nymphe phanérocéphale. Le faible rendement de ces opérations impose leur exécution en grande série.

Les imagos femelles ont été, dès leur émergence, mis en élevage en compagnie de mâles sans *corpus allatum* obtenus en même temps ou tout simplement de mâles normaux, et nourris de sirop de sucre et de viande de cheval.

Ces imagos, dans leur très grande majorité, présentent un développement complet des œufs et pondent après accouplement. Leurs œufs éclosent normalement.

La première ponte s'effectue avec un retard variable (11 à 12 jours en général, parfois davantage, après le début de l'alimentation imaginale, au lieu des 7 à 8 jours habituels); les pontes suivantes manifestent dans quelques cas une certaine irrégularité.

Dans l'ensemble, cependant, la fréquence des ovipositions et l'importance numérique des pontes atteignent des valeurs sensiblement normales.

Un grand nombre de contrôles ont été effectués afin de constater l'absence effective du *corpus allatum* chez les imagos issus de larves ainsi opérées [dissections (²), coupes histologiques].

(¹) Ces recherches ont fait l'objet d'une brève communication au 14ᵉ Congrès International de Zoologie (Copenhague, 1953) (sous presse).

(²) Mᵐᵉ E. Thomsen a bien voulu examiner, dans son laboratoire de Copenhague, quelques imagos que j'avais obtenus à partir de larves privées de leur *corpus allatum*; elle n'a pu déceler chez ces animaux aucune trace identifiable de *corpus allatum*.

J'ai également réalisé des expériences témoins variées, en particulier des ablations volontairement incomplètes, en vue de vérifier qu'un échec opératoire originel pouvait être décelé chez l'imago obtenu.

Une apparente contradiction oppose les présents résultats aux données des expériences de E. Thomsen (1940, 1942) sur *Calliphora* (3), de Day (1943) sur *Lucilia* et *Sarcophaga* (4) et de Vogt (1940, 1941, etc.) sur *Drosophila* (5); ces expériences, *toutes réalisées chez l'imago*, c'est-à-dire dans des conditions opératoires très différentes, conduisent leurs auteurs à conclure que, dans ces espèces de Diptères, la présence du *corpus allatum* est nécessaire à l'achèvement de la croissance des œufs.

Je ne suis pas en mesure d'apporter actuellement une explication d'une telle disparité des résultats expérimentaux obtenus en opérant à deux étapes de la vie des Diptères Cyclorrhaphes.

Il me paraît cependant possible d'en déduire que, chez les Insectes holométaboles du moins, les corrélations *corpus allatum*-ovaires sont probablement moins rigides que ne semblent l'indiquer les expériences réalisées chez l'imago. Quand on opère ce dernier, on agit sur un organisme qui a atteint, au sortir de la crise de métamorphose, un équilibre physiologique susceptible d'être rompu sans appel par l'ablation du *corpus allatum*. Quand on pratique la même opération chez la larve, on peut concevoir que, à la faveur du bouleversement nymphal, l'organisme parvient à un équilibre physiologique nouveau dans lequel la déficience endocrine provoquée se trouve, à quelques perturbations près, compensée du point de vue fonctionnel. Il faut d'ailleurs noter que, chez les Insectes où son action a été mise en évidence, le *corpus allatum* ne semble pas agir spécifiquement sur l'ovaire; son intervention dans la vitellogénèse s'exerce vraisemblablement par l'intermédiaire du métabolisme général.

Je signalerai la similitude probablement significative des résultats de mes expériences sur *Calliphora* et des résultats obtenus par Bounhiol (confirmés par Fukuda) chez un autre Insecte holométabole, *Bombyx mori* (Lépidoptère). Les chenilles du Ver à soie, privées de leurs *corpora allata* aux troisième, quatrième et cinquième stades, se métamorphosent, en effet, en imagos susceptibles de pondre des œufs féconds. Nous ne disposons encore malheureusement d'aucune donnée relative à une éventuelle intervention du *corpus allatum* imaginal sur la vitellogénèse chez un représentant de l'ordre des Lépidoptères.

Le développement de l'ovocyte du Paurométabole *Carausius morosus*

---

(3) *Nature* (London), 145, 1940, p. 28; *Viden. Med. Dansk natur. For.*, 106, 1942, p. 319-405.

(4) *Biol. Bull.*, 84, 1943, p. 127-140.

(5) *Biol. Zbl.*, 60, 1940, p. 479-484; *Biol. Zbl.*, 61, 1941, p. 242-252.

peut également s'achever, ainsi que l'a montré Pflugfelder, en l'absence des *corpora allata*. J'ai pu moi-même constater une telle indépendance du développement ovarien par rapport à l'activité des *corpora allata* chez un autre Phasmoptère, *Sipyloidea sipylus* (publication sous presse).

Je rappellerai, en revanche, que, chez l'Hétéroptère *Rhodnius prolixus* (Wigglesworth), l'Orthoptère *Melanoplus differentialis* (Weed-Pfeiffer), le Dictyoptère *Leucophæa maderæ* (B. Scharrer) et chez le Coléoptère Dytiscide *Macrodytes* (Joly), l'ablation des *corpora allata* entraîne un arrêt de la vitellogénèse; inversement, l'implantation de *corpora allata* chez des animaux allatectomisés rétablit la croissance des ovocytes.

En présence de l'hétérogénéité des données actuellement acquises, une conception absolument générale de l'action des *corpora allata* sur la vitellogénèse ne saurait être formulée. *Calliphora erythrocephala* se rattache, suivant le moment de l'intervention expérimentale, aux Insectes indifférents ou sensibles à l'absence des *corpora allata*. L'opposition des résultats obtenus dans cette dernière espèce, à la suite d'interventions portant respectivement sur la larve ou sur l'imago, appelle la réalisation de groupes d'expériences similaires chez d'autres formes.

GÉNÉTIQUE. — *Essais d'interprétation des calculs relatifs à la transmission d'un caractère partiellement lié au sexe, dans les séries mâles et femelles* F_1, $P \times F_1$ *et* $F_1 \times P$ *d'une hybridation interspécifique*. Note de Mlle **Germaine Cousin**, présentée par M. Maurice Caullery.

De toutes les hybridations interspécifiques entre espèces du genre *Gryllus*, seuls, *G. campestris* (*C*) et *G. bimaculatus* (*B*), donnent une série complète, diversement fertile, F_1, F_2, $P \times F_1$ et $F_1 \times P$. L'analyse des dimensions de la tête, (*Th*) hauteur et (*Tt*) largeur, permet de préciser les constantes biométriques de la grosse tête globuleuse de *C* et de la petite tête aplatie de *B*. D'où possibilité de calculer les valeurs des mêmes caractères, de chaque groupe ou individu hybride, par rapport aux espèces parentes. Ces valeurs sont exprimées en degrés de parenté à *C* ou à *B* [1] données ici en parentés moyennes des groupes.

La transmission du caractère *Th*, conditionnée par des facteurs multiples liés aux autosomes, est aussi partiellement liée au sexe, d'où des degrés différentiels dans la parenté des hybrides réciproques F_1, dont les mâles se rapprochent de l'espèce maternelle : ♂ $CB = 66\,\%\,C$ et $BC = 69\,\%\,B$ et dont les femelles sont presque intermédiaires entre *C* et *B* : ♀ $CB = 45\,\%\,C$ et $BC = 56\,\%\,B$. Cette liaison partielle se retrouve chez les hybrides de rétrocroisements ainsi que le montre la confrontation des parentés calculées dans les groupes successifs.

---

(1) *Comptes rendus*, **241**, 1955, p. 1338.

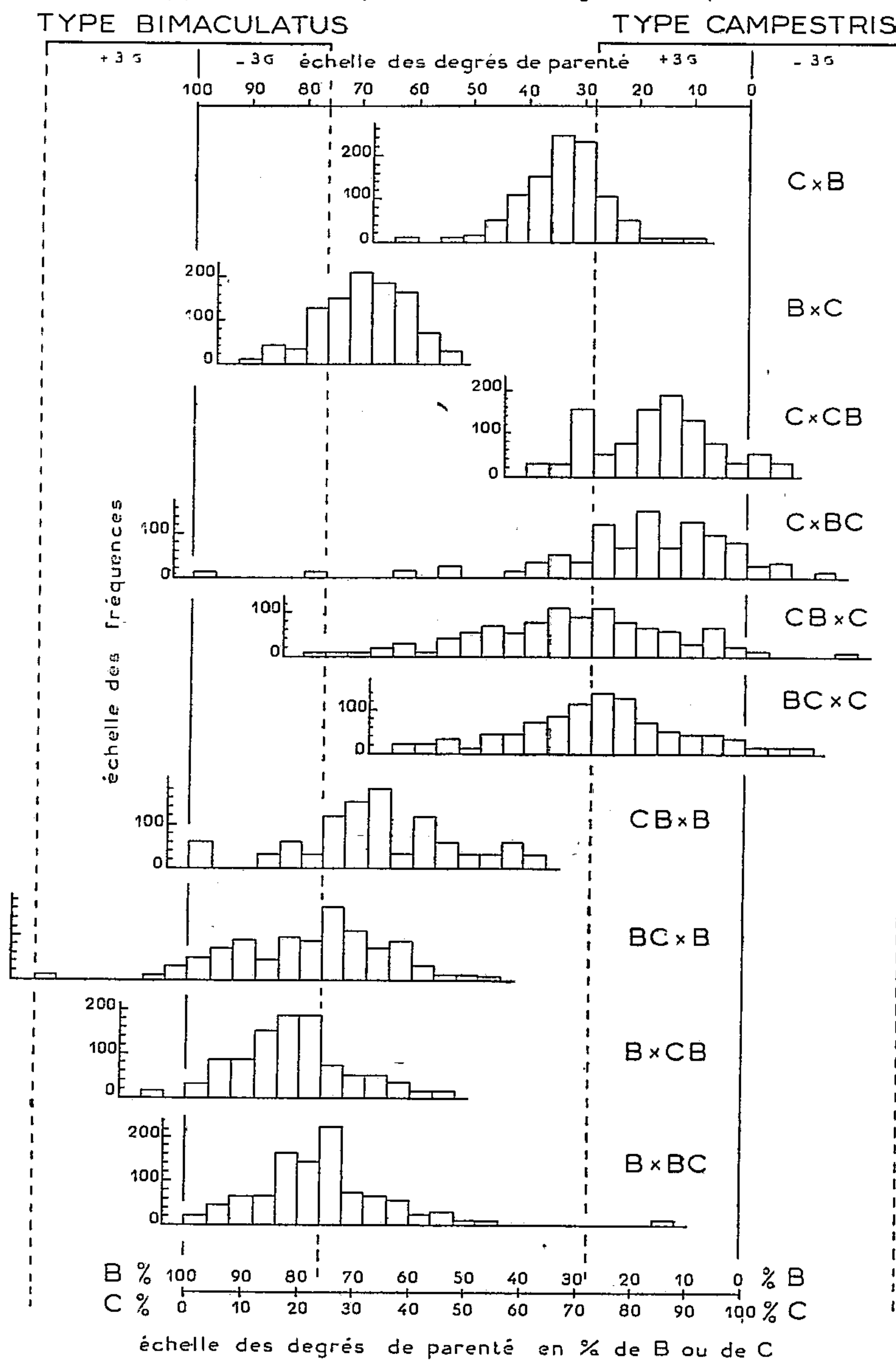
Combinaisons de retour à l'espèce G. campestris *par le parent femelle :*

I. $CC \times CB$: ♂ nombre d'individus, $n = 84$; tous X_cX_0, liaison partielle au sexe + autosomes $3\,C$–$1\,B$,
parenté = 83 % C

♀ $n = 82$ (49 % de la population); toutes X_cX_c et combinaisons d'autosomes $3\,C$–$1\,B$,
parenté = 81 % C

II. $CC \times BC$: ♂ $n = 130$; même combinaison génétique que I,
parenté = 82 % C

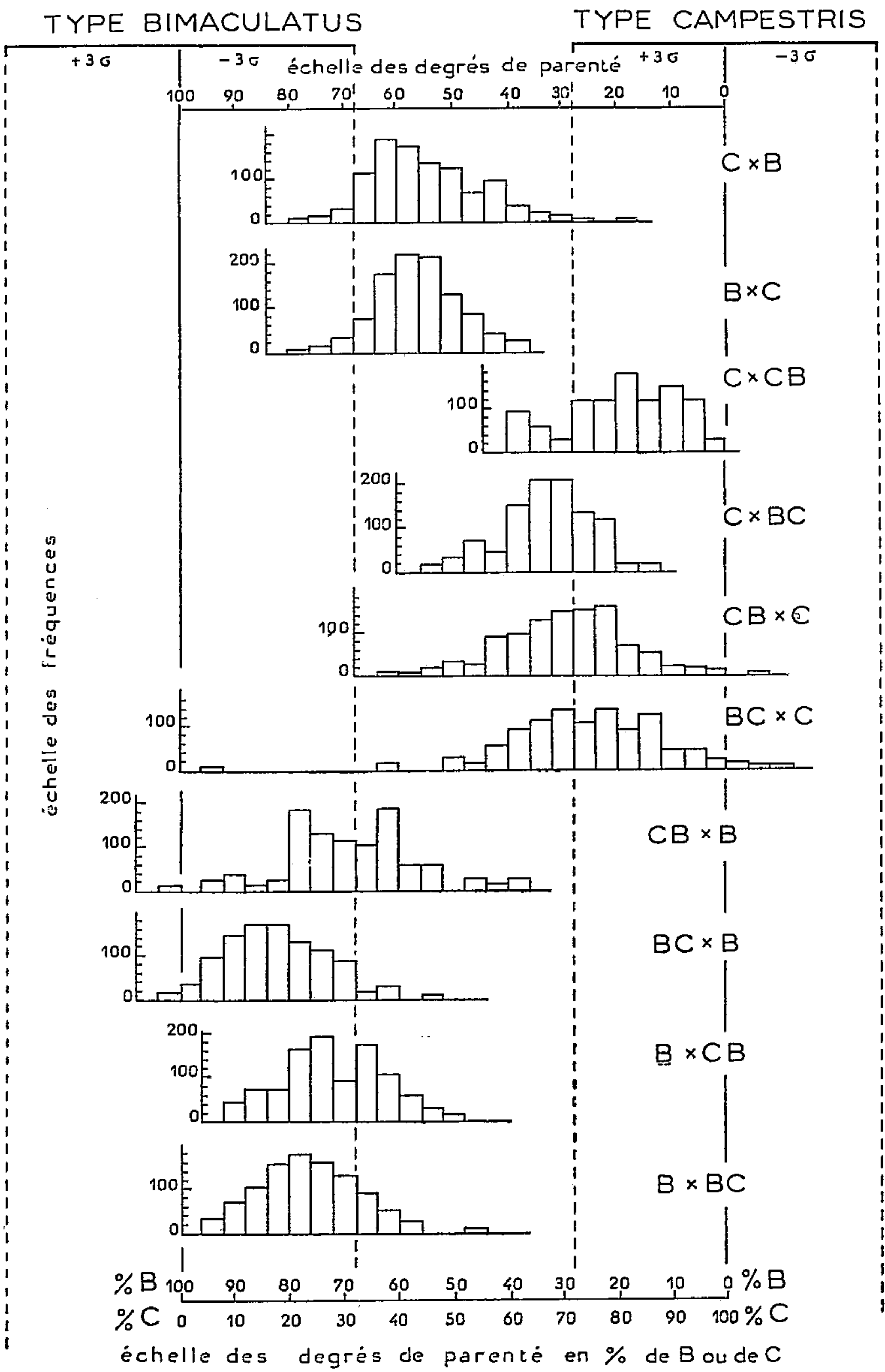
♀ $n = 177$ (58 %); toutes hybrides X_cX_b, + autosomes $3\,C$–$1\,B$,
parenté = 67 % C.



Combinaisons de retour à l'espèce G. bimaculatus *par le parent femelle* :

III. *BB* × *CB* : ♂ $n = 126$; tous $X_b X_0$, génome réciproque de II, parenté = 81 % *B* — ♀ $n = 140$ (53 %); toutes hybrides $X_b X_c$, autosomes 3 *B*–1 *C*, parenté = 76 % *B*

IV. *BB* × *BC* : ♂ $n = 196$; tous $X_b X_0$ génome réciproque de I, parenté = 75 % *B* — ♀ $n = 240$ (55 %); toutes $X_b X_b$, génome réciproque de I, parenté = 77 % *B*



Les autosomes *C* sont plus régulièrement représentés dans ce dernier groupe; la gamétogénèse de *BC* est plus normale que celle de *CB*.

Les combinaisons de retour aux espèces *C* et *B* par un parent ♂ sont plus difficiles à obtenir et comportent des singularités liées aux difficultés de l'ovogénèse des hybrides, qui se traduisent par un comportement particulier des chromosomes sexuels (surtout chez l'hybride *CB*). Il en résulte des anomalies dans les proportions des sexes et de nets avantages aux combinaisons chromosomiques intraspécifiques, réalisées lors de la fécondation, ceci surtout chez les mâles et les hybrides $BB \times BC$.

V.	$CB \times CC$: ♂ $n = 191$; X_cX_0 plus fréquents que X_bX_0, parenté = 69 % *C*	♀ $n = 253$ (57 %); X_cX_c et X_bX_c en égales proportions, parenté = 71 % *C*
VI.	$CB \times BB$: ♂ $n = 74$; génome réciproque de V, parenté = 66 % *B*	♀ $n = 166$ (69 %); génomes réciproques de V, parenté = 69 % *B*
VII.	$BC \times CC$: ♂ $n = 131$; X_cX_0 plus fréquents que X_bX_0, parenté = 73 % *C*	♀ $n = 221$ (63 %); X_cX_c et X_bX_c en égales proportions, parenté = 75 % *C*
VIII.	$BC \times BB$: ♂ $n = 145$; combinaisons X_bX_0 prépondérantes, parenté = 78 % *B*	♀ $n = 221$ (60 %); X_bX_b plus fréquents que X_cX_b, parenté = 83 % *B*

L'approximation des calculs et l'hétérogénéité des échantillons doivent être soulignées, mais, malgré ces réserves, l'évaluation numérique de ces parentés montre l'intérêt d'une méthode qui permet de dégager les grandes lignes des caractéristiques héréditaires, que ne saurait montrer l'observation directe.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur les produits du métabolisme du glucose et de l'acide pyruvique, par* B. Coli *utilisé en culture ou en colonies non proliférantes.* Note de M. **Robert Pallaud**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

L'acide pyruvique semble jouer un rôle prépondérant, dans la dégradation des hexoses fermentescibles par les bactéries.

Meyerof et Neuberg [1] et [2] ont mis en évidence sa présence dans les fermentations microbiennes.

Aubel et Salbartan [3], ont montré que l'acide pyruvique s'accumulait dans les cultures lorsqu'on y ajoutait du carbonate de calcium.

Le métabolisme des bactéries est beaucoup plus compliqué et plus varié que celui des levures; de nombreux travaux ont été publiés sur ce sujet. Parmi ces derniers, ceux qui se rapportent à *Bacterium coli* présentent un intérêt particulier.

En effet, deux schémas de dismutation ont été proposés : le premier, celui

(1) Meyerof et Lohmann, *Bioch. Z.*, 231, 1934, p. 34.
(2) Neuberg et Nord, *Bioch. Z.*, 96, 1919, p. 133.
(3) *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 1 et 183.
(4) *Bioch. Z.*, 279, 1935, p. 264.

de Neuberg [2] explique la présence de l'alcool éthylique par la formation de l'acide pyruvique comme intermédiaire



$$C_6H_{12}O_6 = CH_3CHOHCOOH + CH_3COCOOH + H_2.$$

L'acide pyruvique se dismute en acétaldéhyde



$$CH_3COCOOH = CH_3CHO + CO_2.$$

L'acétaldéhyde par un processus hydratant donne de l'alcool éthylique et de l'acide acétique



$$2CH_3CHO + H_2O = CH_3CH_2OH + CH_3COOH.$$

Le second, celui de Tikka [4] et de Meyerof [1], montre que l'alcool éthylique provient de la dismutation de l'acide glycérophosphorique, intermédiaire entre le glucose et l'éthanol. L'acide formique et l'acide acétique proviennent de la dégradation de l'acide pyruvique.

Ces considérations nous ont amené à étudier le métabolisme du glucose et de l'acide pyruvique par le *B. coli* en opérant d'une part avec des cultures et d'autre part avec des bactéries non proliférantes.

Les produits obtenus dans les deux cas sont identiques : des acides volatils (acétique et formique), des acides fixes (succinique et lactique) et de l'alcool éthylique, ce dernier en quantité variable suivant la source de carbone d'où on est parti.

Dans le cas particulier de l'utilisation par *B. coli* de l'acide pyruvique comme seule source de carbone, on observe la présence d'acides volatils et fixes accompagnés de faibles quantités d'alcool. En milieu tamponné à pH 7,4, avec des bactéries non proliférantes, 50 % de l'acide pyruvique sont dismutés suivant la réaction.



$$CH_3COCOOH + HOH = CH_3COOH + HCOOH.$$

L'acide formique est ensuite décarboxylé par la décarboxylase du *B. coli*



$$HCOOH = CO_2 + H_2.$$

L'hydrogène libéré par cette réaction réduit l'acide pyruvique qui n'a pas été dégradé par les bactéries, en acide lactique



$$CH_3COCOOH + H_2 = CH_3CHOHCOOH.$$

L'adjonction de carbonate de calcium au milieu donne les mêmes produits mais en proportions différentes : il y a plus d'acides volatils, mais moins d'acides fixes. La présence d'alcool, toujours trouvé en très faibles proportions peut s'expliquer soit par le fait que l'hydrogène provenant de la décarboxylation de l'acide pyruvique réduit l'acide acétique, soit par le fait qu'une faible partie de l'acide pyruvique est dismutée en acétaldéhyde qui est ensuite réduit en alcool.

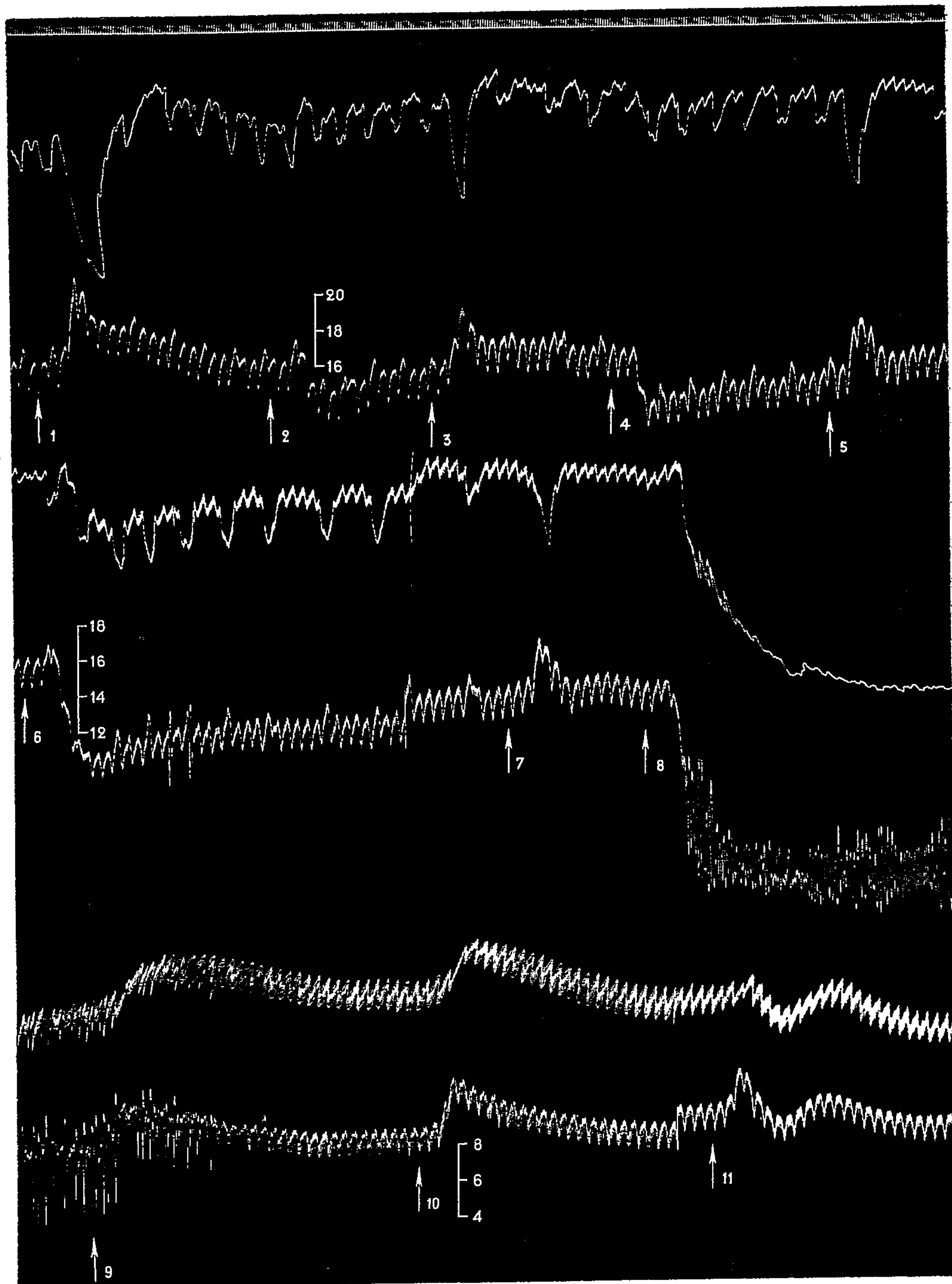
PHARMACODYNAMIE. — *La stéréoisomérie limitée à l'un des centres d'asymétrie d'une molécule peut s'accompagner de profondes différences de l'activité physiologique.* Note de M. **Raymond-Hamet**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Du *Rauwolfia serpentina* Bentham ex Kurz, Schlittler et ses collaborateurs ont récemment extrait un nouvel alcaloïde qu'ils ont considéré comme un stéréoisomère de la yohimbine d'un type jusqu'alors inconnu. Pour eux, il s'agit de la 3-épi-isoyohimbine, c'est-à-dire de la substance qui ne diffère de l'isoyohimbine de Warnat que par la position spatiale de l'hydrogène relié au carbone 3 de la molécule pentacyclique de la yohimbine. Il nous a paru intéressant de comparer, avec celles de l'isoyohimbine, les propriétés physiologiques de ce nouvel alcaloïde dont on sait seulement qu'il est dépourvu du pouvoir hypnogène de la réserpine. Les recherches que nous avons faites avec un échantillon original de 3-épi-isoyohimbine, mis à notre disposition par Schlittler, nous ont appris que ce corps ne possède qu'une activité sympathicolytique considérablement plus faible que celle de l'isoyohimbine; alors, en effet, que cette dernière inverse l'hypertension adrénalinique, à la dose de 0,39 mg/kg, la 3-épi-isoyohimbine (EIY), à celle de 18,75 mg/kg, n'a pu que diminuer cette hypertension. Il convient de noter que, dans un tout autre groupe chimique, Reichstein, Sigg, Tamm et K. K. Chen ont récemment montré qu'à des doses approximativement dix fois plus fortes que celles de digitoxigénine et de tanghinigénine qui sont mortelles, les deux dérivés épi- de ces génines sont inactifs physiologiquement.

Voici le protocole de celle de nos expériences dont on trouve ici les tracés.

L'hypertension maximale provoquée par l'administration intraveineuse de 0,015 mg d'adrénaline, qui avait élevé initialement la pression carotidienne de 47 mm (164, 211), a encore haussé celle-ci de 33 mm (158, 191 et 168) après injection de 1,25 mg d'EIY par kilogramme, de 31 mm (152, 183, 163, 168 et 163) après une deuxième injection, celle-ci de 2,50 mg d'EIY par kilogramme, de 26 mm (144, 170, 147, 151 et 146) après une troisième injection, celle-ci de 5 mg d'EIY par kilogramme; enfin, après une quatrième injection, cette dernière de 10 mg d'EIY par kilogramme, elle a encore été de 23 mm (84, 107 et 90) quand on administra l'adrénaline pour la première fois, de 28 mm (90, 118 et 91) quand cette administration fut répétée.

Quant à la dépression du tracé oncographique qui témoigne de la vasoconstriction rénale concomitante à l'hypertension adrénalinique, elle a été de 41 mm au début de l'expérience, de 30 mm après la première injection d'EIY, de 27 mm après la seconde, de 22 après la troisième, mais,



Chienne de 8,800 kg, chloralosée (12 cg/kg), bivagotomisée au cou et soumise à la respiration artificielle. 1re ligne : Temps en secondes. 2e, 4e et 6e lignes : Oncogramme. 3e, 5e et 7e lignes : Tensiogramme carotidien. On a injecté dans la saphène, en 1, 3, 5, 7, 9 et 10, 0,015 mg de bitrartate d'adrénaline pure de Hoechst, en 2, 1,25 cm^3, en 4, 2,5 cm^3, en 6, 5 cm^3, en 8, 10 cm^3, d'une solution aqueuse contenant par centimètre cube 8,8 mg de 3-épi-isoyohimbine et Q. S. d'acide tartrique pour la salification, enfin en 11, 2 mg d'adrénalone. — Tracés réduits de moitié.

après la quatrième injection, elle a été remplacée par une élévation du tracé oncographique qui a atteint 13 mm et qui témoigne de la paralysie du mécanisme vasoconstricteur rénal adrénalino-sensible.

Chez l'animal ainsi soumis à l'action de 18,75 mg d'EIY par kilogramme, la forte hypertension normalement produite par injection de 2 mg d'adrénalone s'est transformée en une modification tensionnelle quadriphasique faisant passer la pression carotidienne de 100 à 123, 95, 106 et 93 mm. Nous admettons qu'il y a ici une inversion réelle, puisque — critère éliminant les appréciations subjectives — la somme des aires d'hypotension l'emporte nettement sur celle des aires d'hypertension.

Ajoutons que l'épi-isoyohimbine a produit une hypotension d'autant plus marquée que la dose injectée a été plus forte, et que cette hypotension s'est accompagnée, aux doses de 1,25 et de 2,50 mg/kg, d'une légère augmentation du volume rénal, à celle de 5 mg/kg d'un trouble très passager du fonctionnement cardiaque, à celle de 10 mg/kg d'une altération très marquée et très durable de ce fonctionnement qui n'est redevenu apparemment normal qu'après injection d'adrénaline.

PHARMACODYNAMIE. — *Isotoxicité des hydrocarbures aromatiques à la même concentration en volume dans le milieu de* Phoxinus lævis. Note de M. **A. Bernard Lindenberg**, présentée par M. René Fabre.

Le benzène et ses homologues (toluène, éthylbenzène, xylène), ainsi que le naphtalène, déterminent la narcose (abolition des réflexes) chez le Vairon (Cyprinidé) à une concentration extérieure constante de 0,025 cm³ par litre d'eau.

Ce résultat prouve que les solubilités de ces hydrocarbures varient d'une manière parallèle dans l'eau et dans la biophase réceptrice de l'organisme, fait dont il faudrait désormais tenir compte dans la théorie physicochimique de la narcose.

Le problème de la toxicité relative des hydrocarbures retirés des pétroles a déjà suscité de nombreux travaux, résumés pour la plupart dans l'Ouvrage classique de R. Fabre ([1]). En particulier, des expériences par inhalation de vapeurs, effectuées sur la Souris blanche (Fuhner, Lazarew, Lehman) semblent suggérer un accroissement de toxicité des hydrocarbures paraffiniques et benzénique en série homologue ascendante.

Il nous a paru intéressant de procéder à la détermination plus précise de la toxicité de différents hydrocarbures aromatiques dissous dans le milieu extérieur de *Phoxinus lævis*. La symptomatologie observée est essentiellement celle d'une action sur le système nerveux central. Lors d'une intoxication progres-

([1]) *Les solvants industriels*, 1942, Hermann et Cie, Paris.

sive, l'animal passe d'abord par une phase d'excitation, suivie d'un état d'hypnose légère. Le poisson sort ensuite de cet état pour lutter énergiquement contre la perte d'équilibre qui le menace; il devient hypersensible, frémissant, et s'insensibilise progressivement à la faveur d'une toxicité croissante du milieu ambiant. La perte de l'équilibre survient généralement avant l'extinction des réflexes; cependant, avec les carbures benzéniques, l'animal peut conserver sa position de nage normale alors qu'il est déjà complètement insensible aux excitations extérieures (pincement des nageoires). Aussi avons-nous choisi l'abolition des réflexes comme test général de l'action toxique.

Le mode opératoire suivi permet d'approcher la concentration toxique avec une précision de $\pm 10\%$. Une dizaine de Vairons, de taille sensiblement voisine (5 à 7 cm), sont placés dans un milieu sub-narcotique. Au bout de 1 h de séjour, durée suffisante pour approcher l'équilibre de diffusion chez ces poissons de petite taille, les animaux sont transportés dans un milieu de 10 % plus concentré en narcotique, pour y séjourner une nouvelle heure, et ainsi de suite. La première concentration qui détermine l'insensibilisation d'un, au moins, des dix poissons testés constitue la limite de toxicité inférieure. La limite supérieure est atteinte avec la concentration toxique à l'égard du dernier poisson du lot. En notant le nombre d'individus insensibilisés aux concentrations limites et intermédiaires, on arrive à dégager une moyenne statistique, qui correspond le plus souvent à la simple moyenne arithmétique des concentrations toxiques limites.

La solubilité dans l'eau, à 25°, des hydrocarbures aromatiques étudiés a été déterminée avec une grande précision par Bohon et Claussen (²).

	Solubilité (S)		Conc. toxique (C)		C/S (activité thermodynamique).
	10^3 mol-g/l.	cm^3/l.	10^3 mol-g/l.	cm^3/l.	
Benzène..........	22,9	2,049	0,286	0,0256	0,0125
Toluène..........	6,8	0,727	0,238	0,0255	0,035
Éthylbenzène.....	1,96	0,241	0,206	0,0253	0,105
m-Xylène........	1,85	0,228	0,2035	0,0251	0,11
Naphtalène.......	0,268	0,03575	0,1875	0,0250	0,70

Il appert clairement de l'examen des données consignées dans le tableau précédent que les *cinq hydrocarbures aromatiques étudiés provoquent l'abolition des réflexes chez Phoxinus lævis à des concentrations molaires légèrement décroissantes, mais à une même concentration en volume extérieur de* 0,025 cm^3.

En utilisant les données de Bohon et Claussen (*loc. cit.*), nous avons calculé que, dans la série des alkyl-benzènes, la régression de la solubilité exprimée en fraction molaire N (ou la progression du coefficient d'activité thermodynamique

(²) *J. Amer. Chem. Soc.*, 73, 1951, p. 1571.

1/N) se fait suivant la relation $-\log N = \log 1/N = 3,38 + 0,53 n$, n étant le nombre de groupes méthyléniques contenu dans la chaîne aliphatique latérale attachée au cycle benzénique.

Si alors on admet avec Gavaudan et Dode (3) que les narcotiques indifférents agissent à une fraction molaire identique dans le solvant cellulaire récepteur, la solubilité des alkyl-benzènes devrait varier dans la biophase en suivant la relation $\log 1/N = A + 0,45 n$, A étant le coefficient d'activité thermodynamique du benzène dans le milieu solvant cellulaire. Cela revient à dire que la solubilité de ces hydrocarbures diminue 3, 4 fois dans l'eau, mais seulement 2, 8 fois dans le solvant cellulaire, avec chaque CH_2 ajouté au cycle benzénique. La relation de partage *Milieu cellulaire-Milieu extérieur* s'écrira alors $\log K = (3,38 - A) + 0,08 n$, c'est-à-dire que le coefficient de partage K augmentera 1, 12 fois en passant d'un homologue à un autre immédiatement supérieur.

Mais la remarquable constance de la concentration toxique extérieure exprimée en centimètres cubes par litre, constatée avec les hydrocarbures aromatiques étudiés, constitue peut-être une présomption en faveur des vues de Mullins (4), suivant lesquelles la narcose serait déterminée non pas à une *fraction molaire*, mais à une *fraction de volume* égale en narcotique dans la biophase réceptrice. Auquel cas, la constance de la concentration toxique extérieure signifierait que *les solubilités des composés benzéniques varient dans le même sens et dans la même mesure dans l'eau* et *dans le solvant cellulaire*, le coefficient de partage K présentant la même valeur pour les cinq hydrocarbures aromatiques étudiés : $\log K = 3,38 - A$.

Quant à la valeur de A, on pourrait présumer qu'elle est voisine de 0,1, c'est-à-dire que le coefficient d'activité thermodynamique du benzène dans le solvant cellulaire est de 1,25. En effet, les narcotiques indifférents qui manifestent leur activité physiologique à une activité thermodynamique de 0,01 sont considérés par les auteurs comme présentant une solubilité *idéale* dans le milieu récepteur de l'organisme responsable de la narcose (coefficient d'activité égal à I). Le benzène, actif à une activité thermodynamique de 0,0125, aurait alors un coefficient d'activité de 1,25 (0,0125 : 1,25 = 0,01); auquel cas $\log K = 3,38 - 0,10 = 3,28$; $K = 1900$.

Quoi qu'il en soit, le fait que nous venons de dégager, concernant le remarquable parallélisme des variations de solubilité dans l'eau et dans le milieu cellulaire récepteur dont font preuve les composés benzéniques, doit désormais être pris en considération dans toute théorie physicochimique de la narcose.

---

(3) *Mém. Serv. Chim. de l'État*, 1944, p. 384.
(4) *Chem. Rev.*, 54, 1954, p. 289

PARASITOLOGIE. — *Développement expérimental d'un Trématode du genre* Urotocus *Looss* 1899 (Digena, Leucochloridiidæ). Note de M. **Jean Timon-David**, présentée par M. Louis Fage.

J'ai décrit récemment (1955) sous le nom d'*Urotocus tholonetensis* un Distome parasite de la Bourse de Fabricius chez la Pie en Provence ([1]). De nouvelles recherches poursuivies pendant l'été et l'automne de la même année m'ont permis de réaliser la contamination expérimentale de l'hôte intermédiaire et d'observer la succession des formes larvaires.

La contamination a été réalisée à deux reprises (2 et 28 août, avec 87 et 82 % de résultats positifs chez deux lots d'*Helicella* (*Helicopsis*) *arenosa* (Ziegler) Rossmässler, Pulmoné très abondant dans la région du Tholonet (Bouches-du-Rhône) où les Pies hébergent des *Urotocus*. Dans la nature, ce Mollusque est très fréquemment mangé par les Pies.

Les œufs des vers adultes, étalés sur des feuilles de papier filtre humide ont été très facilement ingérés par des *Helicopsis* recueillis en période d'estivation. Des lots témoins, provenant du même gîte, étaient complètement dépourvus d'infestation.

45 jours après le repas, les Mollusques renferment en abondance des sporocystes à branches rayonnantes et ramifiées, renflées en massues à l'extrémité, qui s'insinuent entre les acini hépatiques. L'aspect rappelle beaucoup celui qui a été décrit chez *Leucochloridium paradoxum* par Wesenberg-Lund et d'autres auteurs, mais il n'y a pas de diverticule coloré : toutes les ramifications sont blanches; elles sont bourrées d'amas de cellules germinales et contiennent déjà des cercaires à divers stades de développement. La paroi du sporocyste est constituée par une cuticule épaisse de 2 μ qui est riche en polysaccharides : elle se colore franchement par la technique d'Hotchkiss-Mc Manus. Les cercaires âgées de 45 jours mesurent 250 à 380 μ; leur tube digestif est déjà bien visible, mais les cœcums sont courts, ne dépassant pas le bord postérieur de l'acetabulum. Le pharynx est indiqué par un renflement peu accusé; l'appareil glandulaire n'est pas encore visible.

Chez les *Helicopsis* contaminés depuis 67 jours, le sporocyste disséqué mesure environ 2 mm; ses ramifications sont bourrées de cercaires douées de mouvements très actifs. La taille du sporocyste continue à croître, atteignant 4,3 mm au bout de 113 jours. A ce moment les branches rayonnantes ont un diamètre assez régulier (220 à 250 μ en moyenne); les renflements terminaux en massue sont atténués.

A ce stade, l'aspect des cercaires dans le sporocyste est bien caracté-

([1]) *Ann. Parasitol. Hum. et Comp.*, 30, 1955, p. 193-201.

ristique : leur région antérieure est fortement rétractée; la ventouse orale, invaginée au fond d'une dépression, arrive au contact de l'acetabulum. Le corps est complètement dépourvu de queue. Les colorations au rouge neutre mettent bien en évidence le tube digestif, l'ébauche des gonades et deux formations glandulaires. Chez un sujet en extension complète, observé sous lamelle, les dimensions sont les suivantes : longueur totale : 423 μ; ventouse orale : 63 μ; acetabulum (situé sensiblement au milieu du corps) : 54 μ; pharynx : 29,7 μ. Les deux cœcums digestifs, après avoir contourné l'acetabulum, s'étendent très loin en arrière, jusqu'à environ 50 μ de l'extrémité du corps. Deux massifs glandulaires formés d'éléments ovales (13 sur 8 à 9 μ) sont développés de chaque côté, occupant l'intervalle compris entre le bord postérieur de la ventouse orale et le niveau antérieur de l'acetabulum; leurs canaux, groupés en faisceaux, contournent le pharynx et viennent déboucher au bord antérieur de la ventouse orale.

L'ébauche des gonades est représentée par un territoire plus colorable entouré par la dernière partie des cœcums. L'appareil excréteur, examiné sans coloration chez les cercaires mourantes légèrement comprimées, comprend une vessie ovoïde prolongée en avant par deux gros troncs fortement dilatés en ampoule à leur origine, l'ensemble ayant la forme d'un Y. Les troncs principaux remontent très loin en avant en décrivant des sinuosités en dehors de chaque cœcum; arrivés au niveau de la bifurcation du tube digestif, ils dessinent une boucle et reviennent en arrière en passant en dehors du tronc primitif. La situation des principales ramifications a pu être précisée, ainsi que celle d'un certain nombre de flammes vibratiles.

Le développement d'*Urotocus tholonetensis* montre une allométrie très accusée, liée surtout à la croissance beaucoup plus importante de la région postacétabulaire : tandis que le rapport ventouse orale/acetabulum ne varie presque pas (1,16 chez la cercaire développée; 1,29 chez l'adulte), le rapport longueur totale/acetabulum passe de 5,7 chez la jeune cercaire à 7,8 chez la cercaire développée, pour atteindre 47,5 chez le ver adulte.

IMMUNOLOGIE. — *Contribution à l'étude de l'action des antibiotiques sur l'immunité.* II. *Action du chloramphénicol sur la production d'anticorps vis-à-vis d'un antigène particulaire.* Note (*) de MM. **André Lamensans** et **Aldo Farhi**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

La réponse immunologique du Lapin à un antigène particulaire non microbien (hématies de mouton) est légèrement influencée dans un sens défavorable par un traitement au chloramphénicol. Ce phénomène s'est révélé statistiquement significatif.

(*) Séance du 14 décembre 1955.

Dans une Note précédente ([1]), nous avons montré que le chloramphénicol exerce une action défavorable sur l'apparition des anticorps chez le Lapin immunisé avec un antigène soluble. Dans le présent travail, a été étudié l'effet du chloramphénicol sur la réponse immunologique de lapins soumis à des injections d'antigène particulaire non microbien : hématies de mouton.

I. *Techniques.* — L'expérience a porté sur 30 lapins blancs, mâles, de poids moyen : 2,5 kg, répartis en deux groupes de 15 lapins : le groupe A, immunisé, témoin; le groupe B, immunisé et traité par le chloramphénicol.

Traitement. — Les animaux du groupe témoin A, ont reçu, par voie intramusculaire, l'excipient huileux sans antibiotique. Les animaux du groupe B ont reçu, par voie intramusculaire, une suspension huileuse de chloramphénicol, à raison de 65 mg d'antibiotique par kilogramme de poids et par jour, en deux injections. Le traitement, commencé 24 h avant le début de l'immunisation, fut poursuivi jusqu'au jour précédant le prélèvement de sang.

Les animaux des deux groupes ont été nourris avec une provende vitaminée standardisée, des feuilles de choux frais et de l'eau.

Immunisation. — Une suspension à 50 % d'hématies de mouton dans de l'eau physiologique stérile, apyrogène, a été administrée aux animaux de groupes A et B, par voie intraveineuse, selon le mode suivant :

Jours	1	3	5	7
Quantité injectée (cm^3)	0,5	1	1,5	2

Les prélèvements de sang ont été effectués le dixième jour à partir du début de l'immunisation.

Dosages. — Les titres d'hémolysines contenues dans les sérums décomplémentés ont été déterminés par la méthode classique d'hémolyse à 50 %, selon une technique dérivée de celle de P. Roulier ([2]).

II. Résultats. — Les taux de dilution des sérums, correspondant à 50 % d'hémolyse, sont indiqués dans le tableau suivant :

Groupe A (lapins témoins).				Groupe B (lapins traités).			
Sérum n°.	Dilution.	Sérum n°.	Dilution.	Sérum n°.	Dilution.	Sérum n°.	Dilution.
23...	1/9800	9...	1/13800	28...	1/2200	20...	1/11100
29...	1/10400	15...	1/14700	24...	1/4000	18...	1/12100
7...	1/10900	19...	1/18500	10...	1/4100	26...	1/12800
17...	1/11100	3...	1/20000	16...	1/5200	6...	1/14700
1...	1/12100	5...	1/20000	30...	1/5200	8...	1/15100
11...	1/12500	25...	1/22700	4...	1/6800	14...	1/17200
21...	1/12500	27...	1/27700	2...	1/9800	12...	1/33200
13...	(*)			22...	1/9800		

(*) Mort au cours de l'expérience.

([1]) *Comptes rendus*, 241, 1955, p. 1894.

([2]) P. Roulier, *Thèse Doctorat Pharmacie*, 1950, Montpellier.

III. Interprétation des résultats. — L'épreuve statistique du t test a montré que la différence entre les groupes A et B est nettement significative ($P < 0,05$).

IV. Conclusion. — Comme dans le cas d'un antigène soluble, la réponse immunologique du Lapin à un antigène particulaire non microbien est légèrement influencée dans un sens défavorable par un traitement au chloramphénicol.

PATHOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Production de tumeurs des parties molles et d'ostéodystrophies de la patte de cobaye par lésions nerveuses*. Note (*) de MM. **Jean Chevreau**, **Roger Coujard**, **André Djourno** et **Fernand Heitz** [1], présentée par M. Christian Champy.

Les lésions localisées du diencéphale entraînent, chez le Cobaye, des arthroses des membres avec ulcérations tout à fait du même type que les arthroses obtenues par lésions ou irritations des nerfs périphériques ce qui indique que, dans ces dernières, ce sont les lésions du sympathique qui paraissent responsables des troubles trophiques.

Dans une série de communications antérieures l'un de nous a insisté sur le fait que les lésions du système sympathique périphérique entraînent, en plus des troubles vasomoteurs immédiats, divers déséquilibres de croissance des tissus qui souvent n'apparaissent qu'à longue échéance et aboutissent très souvent à la production, dans divers organes, de tumeurs de type bénin : adénomes (des glandes salivaires), ulcères et adénomes (du tube digestif) [2], papillomes et hyperplasies localisées (du rein), croissance anormale des résidus branchiaux, angiomes (pancréas), hyperplasies localisées des glandes mammaires [3], etc.

Les points communs de la mécanogénèse de ces troubles de croissance sont : 1° qu'ils sont surtout marqués pour les lésions dissymétriques comme si un certain déséquilibre du sympathique jouait un rôle important; 2° qu'ils se retrouvent identiques, aussi bien dans les lésions du sympathique périphérique que dans les lésions du diencéphale.

L'origine sympathique de ces troubles, produits par des lésions du sympathique périphérique à divers étages ou par des lésions diencéphaliques, est attestée par la présence, le long des nerfs de la région où la croissance est troublée, de petites tumeurs, ou gonflements schwanniens, qui sont le signe visible de dégénérescence de faisceaux de fibres, comme la dégénérescence wallérienne est le signe de dégénérescence des fibres myélinisées.

Nous sommes encore loin de pouvoir préciser, dans la plupart des cas,

(*) Séance du 14 décembre 1955.

(1) Avec la collaboration de Mlle Danièle Kayser.

(2) R. Coujard, *Arch. des Mal. du tube digestif*, 43, n°s 9 et 10, 1954, p. 907 et 919.

(3) R. Coujard et coll., *Comptes rendus*, 240, 1955, p. 2453.

quels troubles trophiques seront causés par une lésion sympathique déterminée, en l'absence de connaissances sur la systématisation exacte du sympathique. Jusqu'ici, les troubles trophiques ou tumoraux affectaient des organes internes, n'étaient pas visibles extérieurement et étaient, en somme, des découvertes d'autopsies. Nous n'avions pas eu encore de tumeur des membres.

Or, récemment (juin 1955), nous avons pu observer sur un cobaye porteur d'une lésion déjà ancienne du diencéphale par galvanopuncture (depuis 13 mois), une tumeur visible d'un membre : tumeur de la région du carpe de la patte antérieure gauche. Depuis 5 mois cette tumeur a continué à grossir et s'est ulcérée récemment. Afin de ne pas arrêter son évolution, nous n'avons pas encore sacrifié l'animal, mais avons fait des radiographies successives, d'autant qu'un élargissement sensible du carpe faisait penser à une atteinte osseuse.

Les radiographies échelonnées dans le temps nous ont fait assister au développement de lésions osseuses très caractérisées : hyperplasies et modification de forme de divers os du carpe, diminution par aires de la calcification et apparition de néoformations osseuses dans les parties molles de la tumeur. Tous ces phénomènes se sont montrés progressifs sur les radiographies successives.

Ce qui fait l'intérêt de ce cas unique consécutif à une lésion diencéphalique, c'est que l'un de nous (Djourno), étudiant la tolérance par l'organisme de petits induits (4) placés sur des nerfs périphériques (sciatique du cobaye), a observé sur la patte correspondante une tumeur très semblable à la nôtre et d'un aspect radiologique identique. Il s'agissait donc ici d'une irritation périphérique; ce sont donc bien les filets sympathiques inclus dans les nerfs généraux qui sont responsables.

Nous retrouvons le même caractère mécanogénétique que dans les tumeurs des organes internes : identité des résultats des lésions du sympathique périphérique et des lésions diencéphaliques.

Ces tumeurs dont l'aspect radiographique fait penser aux ostéodystrophies d'origine nerveuse (5) (tabétiques, syringomyéliques) s'ulcèrent rapidement; nous ne connaissons pas leur degré de gravité ce qui nous a incité à attendre, pour en faire une étude histologique, leur évolution ultérieure. Mais l'aspect radiographique suffit à montrer qu'il y a là une croissance déréglée des tissus avec points d'ossification anormaux.

Du point de vue mécanogénétique, on ne peut s'empêcher de rapprocher ces croissances irrégulières des tissus et du squelette, des productions papillaires interprétées par les auteurs comme des mains ou pattes anor-

(4) A. Djourno, *Comptes rendus*, 236, 1953, p. 2337.
(5) Trial, *Journal de Radiologie*, 1949.

males, obtenues par M[lle] Locatelli ([6]) et par Schötte ([7]), en détournant le nerf sciatique de sa position normale; ce dernier auteur admettant d'ailleurs l'origine sympathique de ces croissances.

Le rapprochement avec ces expériences, comme avec les nombreuses expériences de régénération chez les Invertébrés où l'influence du système nerveux a été mise en évidence est particulièrement suggestif. En tout cas l'origine sympathique des dystrophies par lésion des nerfs paraît certaine puisqu'on les retrouve par lésion des centres sympathiques supérieurs.

A 15 h 40 m l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 15 h 55 m.

L. B.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus pendant les séances de novembre 1955.

(*suite et fin*).

Novocaïna factor entrofic si intineritor in tratamentul profilactie si curativ al batrinetii, par C. I. Parhon, Ana Aslan, Editura Academiei republicii populare romine, 1955. 1 fasc. 24 cm.

Documentation mathématique. Fasc. 19-29 : *Liste des titres des périodiques régulièrement reçus par la Bibliothèque de l'Institut Henri Poincaré*. Fasc. 30 : *État des périodiques figurant à la Bibliothèque de l'Institut Henri Poincaré*, par Madeleine Estève. Paris, Secrétariat mathématique, 1955; 2 fasc. 27 cm.

Contribution à l'étude des origines de la droguerie pharmaceutique et de l'industrie du sel ammoniac en France : l'apothicaire Antoine Baumé (1728-1804), par René Davy; Cahors, Imprimerie A. Coueslant, 1955; 1 vol. 24 cm.

Exploration du Parc national de l'Upemba. Mission G. F. De Witte. Fasc. 30. *Araneæ lycosæformia I.* (*Agelenidæ. Hahhnidæ*, *Pisauridæ*), von Carl Fr. Rœwer. Bruxelles, 1954; 1 vol. 28,5 cm.

([6]) *C. R. Ass. des Anat.*, 1925.
([7]) *C. R. Soc. Biol.*, 1[er] mai 1926.

Id. Fasc. 34 : *Hymenoptera sphecoidea* (*Sphecidæ I.* Subfam. *Sphecinæ*), par Jean Leclercq. Bruxelles, 1955; 1 vol. 28,5 cm.

Id. Fasc. 35 : 1. *Dermaptera*, by Walter D. Hincks. 2. *Coleoptera Dryopidæ*, par Joseph Delève. 3. *Mordellidæ*, von Karl Ermisch. 4. *Clytridæ*, par Pierre Jolivet. 5. *Anthribidæ*. par H. E. Karl Jordan. 6. *Diptera : Chironomidæ*, by Paul Freeman. Bruxelles, 1955; 1 vol. 28,5 cm.

Exploration du Parc national Albert. Mission d'études vulcanologiques. Fasc. 1 : *Aperçu historique de l'exploration et de l'étude des régions volcaniques du Kivu*, par André Meyer, Bruxelles, 1955; 1 fasc. 28,5 cm.

Id. Fasc. 83 : *Chironomidæ* (*Diptera nematocera*), by Paul Freeman. Bruxelles, 1955; 1 fasc. 28,5 cm.

Mémorial des sciences mathématiques. Fasc. 131. *Sur une généralisation des polynomes de Jacobi*, par Felix Pollaczek. Paris, Gauthier-Villars, 1956; 1 fasc. 25 cm.

Institut national de la statistique et des études économiques. *La localisation des cultures et des productions animales en France*, par Joseph Klatzmann. Paris, Imprimerie nationale, 1955; 1 vol. 27 cm.

Acta chirurgica Scandinavica. Supplementum 205. *Dorsal acetabular fractures of the hip* (*Dashboard fractures*), by Ake Waller. Stockholm, 1955; 1 fasc. 24 cm.

Sul potere digestivo della larva del Bombyx Mori L., by Alessandro Venoroso. Estratto dayli *Annali della Sperimentazione Agraria* (nuovo serie). Roma, 1955; 1 fasc. 24 cm.

FIN DU TOME DEUX-CENT-QUARANTE-ET-UNIÈME.

COMPTES RENDUS
DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

TABLES ALPHABÉTIQUES.

JUILLET-DÉCEMBRE 1955.

TABLE DES MATIÈRES DU TOME 241.

I. — PARTIE SCIENTIFIQUE.

A

B

C

D

E

F

G

H

I

J

L

M

N

O

P

Q

R

S

T

U

V

X

Y

Z

II. — PARTIE ACADÉMIQUE.

A

B

C

D

E

F

H

J

M

N

O

P

S

U

TABLE DES AUTEURS.

A

B

C

D

E

F

G

H

I

J

K

L

M

N

O

P

Q

R

S

T

U

V

W

X

Y

Z



GAUTHIER-VILLARS,
ÉDITEUR-IMPRIMEUR-LIBRAIRE DES COMPTES RENDUS DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES
Paris. — Quai des Grands-Augustins 55.

150120-57